

Proceedings in Marine Biology

Journal of the Graduate Course of the Humboldt-Universität zu
Berlin (Germany) at Klubban Marine Biology Station (Sweden)

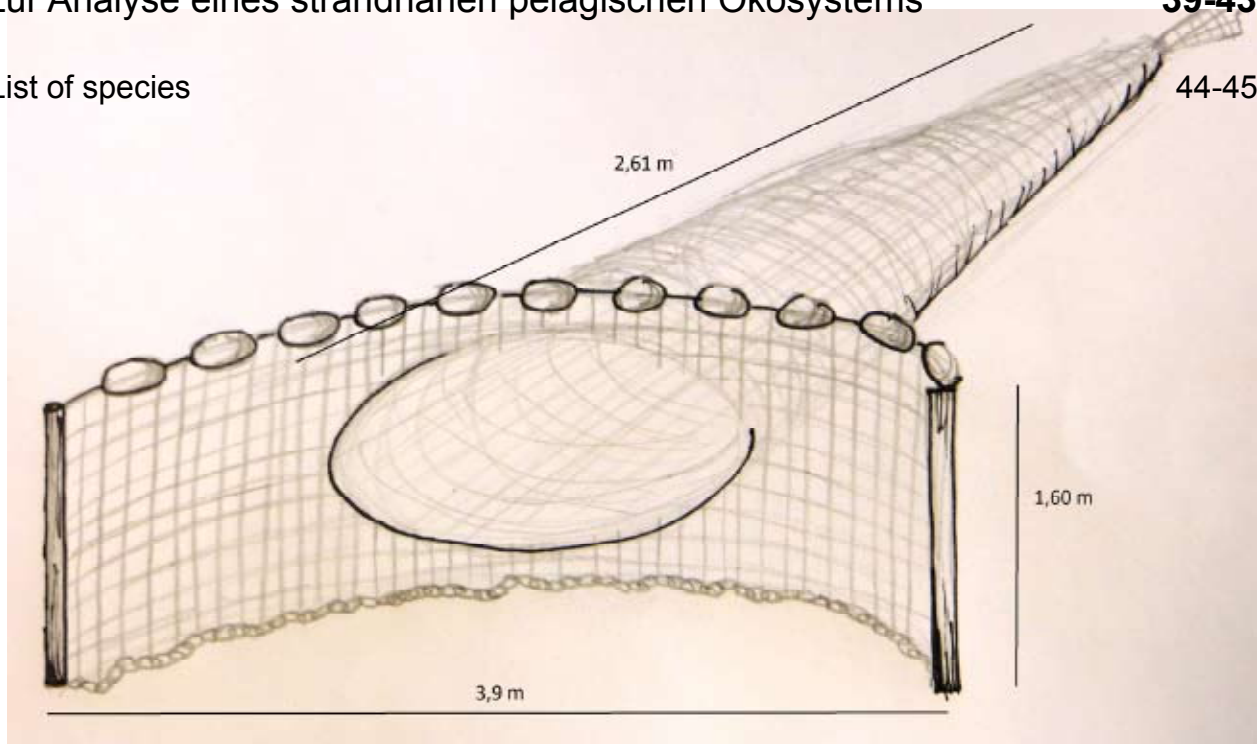


UPPSALA
UNIVERSITET

Volume 1 Number 4 2013



- Gerchen, J. F., Westphal, N.:** Do scallops have memory? Conditioning of *Chlamys varia* towards optic stimuli. **1-4**
- Bille, J., Spitzner, F.:** A morphological comparative approach of different Barnacle species in Gullmarfjord with special focus on the cirripeds **5-19**
- Jaszkowiak, K., Hentschel, S.:** Morphological investigations of selected echinoids **20-26**
- Text
- Pfisterer, F., Quenkert, M.:** Territoriales intraspezifisches Dominanzverhalten der gemeinen Strandkrabbe (*Carcinus maenas*) **27-31**
- Vollertsen, A., Zeugner, L.:** Differences of the phyto- and zooplakton population in water samples taken from two different depths in the Gullmarsfjord **32-38**
- Luehr, S., Rsthke, J.:** Biomassen-Spektrum im Gullmarfjord – Eine Methode, zur Analyse eines strandnahen pelagischen Ökosystems **39-43**
- List of species **44-45**



“Proceedings in Marine Biology” is an international journal publishing original research by graduate students on all aspects of marine biology. Subjects covered include: ecological surveys and population studies of oceanic, coastal and shore communities; physiology and experimental biology; taxonomy, morphology and life history of marine animals and plants. Papers are also published on techniques employed at sea for sampling, recording, capture and observation of marine organisms.

Editorial Board

T. Stach

Vergleichende Zoologie

Humboldt-Universität zu Berlin

Berlin

Germany

tstach@zoosyst-berlin.de

Instructions to authors.

Manuscripts submitted to “Proceedings in Marine Biology” must be original, not under consideration elsewhere. Papers should be written in clear English, German, or Swedish with an abstract in English. Acronyms must be written in full on their first occurrence and SI units must be used. Scientific names should be italicized.

Manuscripts should be arranged in the following order:

Title, Author(s), Address(es), Abstract, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, References, Figures, Captions, and Tables.

Submission.

Please submit all manuscripts for review by e-mail, postal service, or personally as plain word files to the editors.

Preparation.

“Proceedings in Marine Biology” invites contributions as:

- 1. Full Research Articles of not more than 10 printed pages including tables and illustrations (10,000 words+ figures + tables).*
- 2. Short Papers of not more than 3000 words (+2 figures & 2 tables, or 4 figures or 4 tables etc.)*
- 3. Short Communications of not more than 2 printed pages including table and illustration (1500 words + 1 figure & 1 table, or 2 figures or 2 tables). These papers must start with an Abstract but are not otherwise divided into sections.*

E-mail.

Please provide an e-mail address for the first or corresponding author. This will appear on the title page of each article.

Title.

The title should be no more than 20 words.

Abstract.

A concise informative abstract of not more than 250 words should summarize the most important findings.

Tables.

Tables should not be excessive in size and headed by informative legends. Legend, headings and footnote are delimited by horizontal lines. Data sheets and tables deemed necessary might accompany the manuscript and be added as appendices in an electronical supplement.

Citation of literature.

References in the text should refer to the authors name and year of publication. Two authors should be cited using '&' (Rainbow & Dellinger, 1993); for more than two authors, the name of the first author followed by 'et al.' (Lallier et al., 1987). When citing more than one publication use a semi-colon to separate the different authors e.g. (Gorind et al., 1997; Mykels & Skinner, 1985a,b; Skinner, 1996). The manuscript should be carefully checked to ensure the details of authors and dates cited in the text exactly match those in the reference list. Cross checking of references in the text to the cited literature and vice versa is the responsibility of the author.

All literature quoted in the text must be listed in alphabetical and chronological order of author names at the end of each manuscript. When more than one publication with the same first author(s) is cited the following order alphabetically applies: (a) single author, according to publication dates; (b) same author and one co-author; (c) same author and more than one co-author. Titles of journals must be written in full and references to books should include the place of publication and the publisher. Examples:

Journals.

Marshall, S.M., Nicholls, A.G. & Orr, A.P. (1939): On the growth and feeding of young herring in the Clyde. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 2: 427–455.

Books.

Cushing, D.H. (1981): Fisheries biology, a study in population dynamics, 2nd ed. Madison: University of Wisconsin Press.

Chapters from books.

Weir, B.S. (1990): Intraspecific differentiation. In: Molecular systematics (ed. D.M. Hillis and C. Moritz), pp. 373–410. Sunderland: Sinauer Associates.

Processing.

Manuscripts will be critically reviewed by at least one referee. Subject to suitable review, papers may be selected for publication by the editors. Acceptable papers will be returned to the author for revision and editorial corrections.

Revision.

Revised manuscripts must be returned electronically or on CD. Any Word formats are suitable for text.

Figures.

Figures must be submitted as PC compatible TIFF files. These must be of 300 dpi resolution. All figures should be labelled with a medium weight sans serif font of an appropriate size to result in 8 point type when reduced to a single column width. If figures are in parts, please label A, B, C, D, etc. in top left corner of each part.

Proofs.

The first or corresponding author will receive the proofs, which will be supplied as word or pdf files.

Reprints.

A CD with the final version of the manuscript will be provided to the authors free of charge.

This volume deals exclusively with the results of the
research field trip of the Humboldt-Universität zu Berlin to
Klubban Marine Biology Station Fiskebäckskil (Sweden)

from 26.09. - 04.10.2013

Participants:

Bille, Julia	<JuliaBille@googlemail.com>
Hentschel, Sascha	<hades1@gmx.de>
Lühr, Simone	<simone.luehr@hotmail.de>
Pfisterer, Friedrich	<pfisterf@hu-berlin.de>
Quenkert, Martin	<studentenfutter@outlook.com>
Räthke, Janine	<janine.raethke@gmail.com>
Spitzner, Franziska	<fr.spitzner@googlemail.com>
Zeugner, Laura	<laura.e.zeugner@web.de>
Gerchen, Jörn	<gerchenj@cms.hu-berlin.de>
Westphal, Natascha	<natascha.westphal@gmx.de>
Vollertsen, Anke	<Anke.Vollertsen@t-online.de>
Jaszkowiak, Katja	<katja_jaszkowiak@yahoo.de>
Stach, Thomas	<tstach@zoosyst-berlin.de>

Do scallops have memory? - Conditioning of *Chlamys varia* towards optic stimuli.

Gerchen, Jörn Frederik; gerchenj@cms.hu-berlin.de
Westphal, Natascha; natascha.westphal@gmx.de

Abstract

Scallops of the species *Chlamys varia* were conditioned towards flashlights. The attack of a predator, starfish *Asterias rubens* was linked to a previous flashlight. Although *C. varia* did not show the expected escape reaction as a result of conditioning, the individuals of the testgroup reacted towards the optic stimulus by closing their shell significantly more often than the control. This can be interpreted as a sign for learning abilities and memory in *C. varia*.

Einleitung

Für verschiedene Gruppen von Mollusken ist Lernen durch Konditionierung bekannt. Die Gedächtnisleistung der Coleoiden ist lange bekannt und mit Vertebraten vergleichbar.

Bei dieser Gruppe der Cephalopoden konnte das Lernvermögen in spezifischen Gehirnregionen lokalisiert werden (Young, 1961).

Aber auch bei Gruppen von Mollusken in denen diese Hirnregionen nicht vorhanden sind, wie zum Beispiel bei Nautilus (Crook, Basil, 2008) und verschiedenen Arten von Gastropoden (Walters et al. 1979), wurden Gedächtnisleistungen nachgewiesen.

Aufgrund der vorwiegend sessilen Lebensweise, der reduzierten Sinnesorgane und des reduzierten Nervensystems der meisten adulten Bivalvia scheinen Konditionierungs- und Verhaltensexperimente wenig naheliegend.

Anders als bei den meisten Muscheln finden sich in der Familie Pectinidea am Mantelrand angeordnete Augen mit Cornea und Linse (Brusca & Brusca, 2003). Viele Arten zeigen zudem spezifische Fluchtreaktionen beim Kontakt mit Prädatoren, indem sie durch schnelles, rhythmisches Öffnen und Schließen der Schale einen Wasserstrom erzeugen und wegschwimmen. Die Fluchtreaktionen

können vor allem von Räubern hervorgerufen werden, die den Muscheln in ihrem natürlichen Habitat gefährlich werden (Thomas & Gruffydd, 1971).

Aufgrund des Vorhandenseins von Sinnesorganen und der zuverlässig auslösbarer und gut zu beobachtenden Verhaltensreaktionen in dieser Gruppe ergibt sich hier die Möglichkeit zu testen, ob auch bei Bivalvia einfache Gedächtnisleistungen möglich sind.

Die bunte Kammmuschel, *C. varia*, ist im Mittelmeer, Atlantik, Nordsee und Ärmelkanal verbreitet (Gofas, 2013), wo sie in vom Tiefen von bis zu 80 m vorkommt (Fish & Fish, 1996). Die Fluchtreaktion lässt sich zuverlässig durch den Kontakt mit einem ihrer Prädatoren, dem gemeinen Seestern *Asterias rubens* auslösen. Des Weiteren kann davon ausgegangen werden, dass *C. varia* wie andere Pectinidae auf Lichtreize im sichtbaren Lichtspektrum reagiert (Cronly-Dillon, 1966).

Nach einem klassischen pawlowschen Konditionierungsschema wird versucht, die durch den Kontakt mit *A. rubens* ausgelöste Fluchtreaktion von *C. varia* auf einen Lichtreiz zu konditionieren.

Material & Methoden

Es wurden 16 *C. varia* aus dem Gullmarfjord (Schweden) für den Versuch verwendet. Jeweils acht der Individuen wurden der Versuchsgruppe bzw. der Kontrollgruppe zugeteilt. Um gleiche Vorbedingungen zu schaffen, wurde darauf geachtet, dass sowohl die Versuchs- als auch die Kontrollgruppe eine identische Anzahl von Individuen aller Größenklassen aufwiesen (Abb.1)

Der Versuch wurde in einem vollständig abgedunkelten Raum durchgeführt. Als Lichtquelle zur Orientierung im Raum dienten Rotlichtlampen, da nachgewiesen ist, dass *Pecten maximus*, die wie auch *C. varia* zu den Wandermuscheln gehört, kein rotes Licht wahrnehmen kann (Cronly-Dillon, 1966).

Der Versuch wurde an zwei Arbeitsplätzen von zwei Personen durchgeführt. Jede Person führte den Versuch an je 4 Tieren der Versuchsgruppe und der Kontrollgruppe aus. Es wurden abwechselnd Tiere der Versuchs- und der Kontrollgruppe verwendet.

An beiden Arbeitsplätzen wurden die Individuen entsprechend ihrer Gruppenzugehörigkeit in einem mit Meerwasser gefüllten Plastikgefäß gehalten.

Zur Versuchsdurchführung wurde je ein Individuum aus dem Gruppengefäß entnommen und in das Versuchsbehältnis, eine ca.30x30cm große ebenfalls mit Meerwasser gefüllte Plastikschaale mit ca. 5cm hohem Rand, umgesetzt. Die Muschel wurde so platziert, dass ihr Mantelrand in Richtung der den Versuch durchführenden Person zeigte. Das Rotlicht wurde hinter der Muschel platziert (Abb.2), um einen Schattenwurf zu verhindern, da ein vorüberziehender Schatten ebenfalls eine Zuklappreaktion auslöst (Cronly-Dillon, 1966).

Um dem Tier die Möglichkeit zu geben, sich an die neue Umgebung zu gewöhnen und um sicherzu-

stellen, dass die Muschel sich öffnet, wurde 3 min gewartet.

Im Fall der Versuchsgruppe erfolgte dann ein Lichtreiz für die Dauer von ca.1s, der an einem Arbeitsplatz mit einer Taschenlampe, an dem anderen Arbeitsplatz mit einer Kaltlichtleuchte erzeugt wurde. Unmittelbar nach diesem Lichtreiz wurde ein Seestern der Art *A. rubens* an die geöffnete Muschel gehalten. Daraufhin erfolgte der für Wandermuscheln typische Fluchtrelex. Daraufhin wurde das Versuchstier wieder in die Ausgangsposition mit nach vorn gerichtetem Mantelrand gesetzt. Nach einer Pause von 3min erfolgte der nächste Durchlauf. Insgesamt wurden 10 Lichtreiz-Seestern Konditionierungen durchgeführt, gefolgt von einer Pause von weiteren 3 min. Anschließend wurde nur der Lichtreiz gegeben. Die Reaktion der Muschel wurde notiert.

Dabei wurde zwischen vier möglichen Reaktionen unterschieden:

- a) keine Reaktion
- b) Schließen der Muschel bei Einschalten der Lichtquelle
- c) Schließen der Muschel bei Ausschalten der Lichtquelle
- d) Fluchtrelex

Im Fall der Kontrollgruppe wurde zehnmal im Abstand von 3 min nur der Lichtreiz gegeben. Nach weiteren 3min wurde die Reaktion auf einen erneuten Lichtreiz protokolliert. Wenn ein Kontrolltier sich von der Ausgangsposition entfernte, wurde es unmittelbar nach dem erhaltenen Lichtreiz wieder in die Ausgangslage positioniert um gleiche Bedingungen für Versuchs- und Kontrollgruppe sicherzustellen.

Unterschiede zwischen beiden Gruppen wurden mit einem χ^2 -Unabhängigkeitstest überprüft.

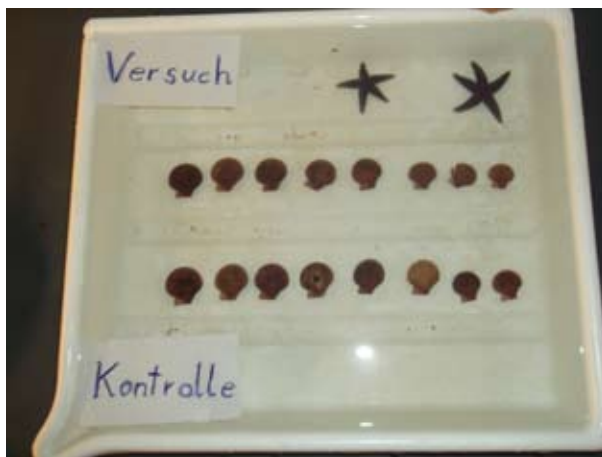


Abb. 1: Aufreihung der Individuen von *Chlamys varia* der Test- sowie der Kontrollgruppe mit dem Prädator *Asterias rubens*.



Abb. 2: Arbeitsplatz.

Ergebnisse

Innerhalb der Versuchsgruppe konnten folgende Ergebnisse beobachtet werden: Fünf Muscheln (62,5%) zeigten keine Reaktion, drei Muscheln (37,5%) klappten nach dem Lichtblitz zu.

Innerhalb der Kontrollgruppe zeigten sieben Tiere (87,5%) keine Reaktion, ein Tier (12,5%) klappte bei Einschalten des Lichtes zu. Bei keinem Tier konnte eine Fluchtreaktion im Zusammenhang mit dem Lichtblitz nachgewiesen werden (Abb. 3, Tab.1). Die Versuchsgruppe reagierte allerdings signifikant häufiger mit Zuklappen auf den Lichtpuls als die Kontrollgruppe (χ^2 -Test, $p = 0,03$).

Es hat sich gezeigt, dass die Wahl der verwendeten Lichtquelle keinen Einfluss auf die Reaktion der Tiere hat, da an beiden Arbeitsplätzen sowohl Zuklapp- als auch keine Reaktionen der Versuchstiere beobachtet werden konnten.

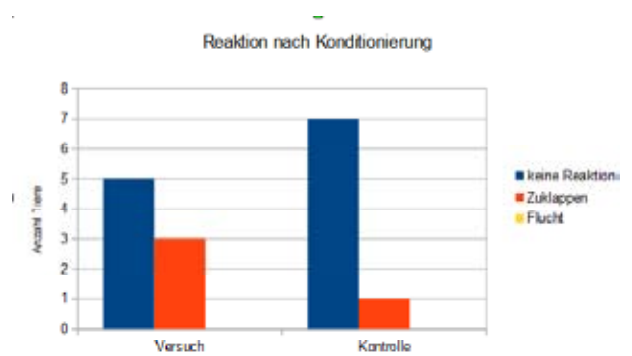


Abb. 3: Reaktion von *Chlamys varia* der Versuchs- und Kontrollgruppe auf den Lichtreiz nach erfolgter Konditionierung.

Tabelle 1: Beobachtete Reaktionen von *Chlamys varia* auf den Lichtblitz.

	Reaktion			
	keine	Zuklappen bei Einschalten der Lichtquelle	Zuklappen bei Ausschalten der Lichtquelle	Fluchtreaktion
Versuchsgruppe	5 Tiere = 62,5%	0 Tiere	3 Tiere = 37,5%	0 Tiere
Kontrollgruppe	7 Tiere = 87,5%	1 Tier = 12,5%	0 Tiere	0 Tiere

Diskussion

C. varia zeigte nach Konditionierung nicht die erwartete Fluchtreaktion. Allerdings reagierten Individuen der Versuchsgruppe signifikant häufiger mit einem Schließen der Schalen auf den konditionierten Stimulus als Individuen der Kontrollgruppe. Beim Versuchsaufbau ging der Lichtreiz dem Kontakt mit dem Prädatoren *A. rubens* voraus. Die Tiere reagierten in der Regel mit einem leichten Zuklappen der Schale, bevor sie die charakteristische Fluchtreaktion durchführten.

Durch den konditionierten Lichtpuls wurde demnach ein Verhaltenselement verstärkt, das dem Beginn der Fluchtreaktion entspricht. Dies kann bereits als Zeichen für ein begrenztes Kurzzeitgedächtnis interpretiert werden.

Allerdings könnte das Schließen der Schalen auch als Reaktion auf die plötzlich auftretende Dunkelheit angesehen werden, die von *C. varia* als vorüberziehender Schatten, und somit als Prädatoren, wahrgenommen wird. In diesem Fall wäre das Schließen der Schalen ebenfalls die logischste und naheliegendste Reaktion. Aufgrund der Signifikanz der Ergebnisse ist jedoch anzunehmen, dass das Zuklappen bei Individuen innerhalb der Versuchsgruppe eine Reaktion auf die durchgeführte Konditionierung darstellt.

Obwohl ein Gedächtnis bei der sessilen Lebensweise von Muscheln selektiv wenig sinnvoll erscheint, ist zu bedenken, dass Muscheln wahrscheinlich von freilebenden Vorfahren abstammen, wobei Nervensystem und Sinnesorgane sekundär reduziert sind aber

die Möglichkeit zur Gedächtnisbildung noch rudimentär vorhanden sein könnte.

Möglicherweise lassen sich noch deutlichere Reaktionen auf die Konditionierung erreichen. Ein größerer Stichprobenumfang wäre sinnvoll, um die hier auf Grundlage eines relativ

geringen Stichprobenumfangs gezeigten Ergebnisse überzeugend zu bestätigen. Zudem sollte der Versuch mit möglichst vielen jungen Individuen durchgeführt werden, weil diese deutlich häufiger Reaktionen auf Kontakt mit Seesternen zeigen (Schmidt & Rapp, 2010).

Literatur

Brusca, R.C. & Brusca G.J. (2003): Invertebrates, 2nd ed. Sunderland: Sinauer associates, Inc.

Crony-Dillon, J.P. (1966): Spectral sensitivity of the scallop *Pecten maximus*. Science, 151: 345–346.

Crook, R. & Basil, J. (2008): A biphasic memory curve in the chambered nautilus, *Nautilus pompilius* L. (Cephalopoda: Nautiloidea). The Journal of Experimental Biology, 211: 1992–1998.

Fish, J.D. & Fish, S. (1996): A Student's Guide to the Seashore, 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press.

Gofas, S. (2013): *Mimachlamys varia* (Linnaeus, 1758). Accessed through: World Register of Marine Species at <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=236719> on 2013-10-0

Schmidt, J., Rapp, J. (2010): Body size in *Pecten maximus* (Mollusca, Bivalvia) is negatively correlated with frequency of escape response elicited by its predator *Asterias rubens*. Proceedings in Marine Biology, 1:16–24.

Stephens P.J. (1978): The sensitivity and control of the scallop mantle edge. Journal of experimental Biology, 75: 203–221.

Thomas, G.E. & Gruffydd, L.D. (1971): The types of escape reactions elicited in the scallop *Pecten maximus* by selected sea-star species. Marine Biology, 10: 87–93.

Walters, E.T., Carew, T.J. & Kandel, E.R. (1979): Classical conditioning in *Aplysia californica*. Proceedings of the National Academy of Science USA, 76: 6675–6679.

Young, J. Z. (1961): Learning and discrimination in the octopus. Biological Review, 36: 32–96.

A morphological comparative approach of different Barnacle species in Gullmarfjord with special focus on the cirripeds

Bille, Julia; juliabille@gmail.com
Spitzner, Franziska; fr.spitzner@gmail.com

Abstract

As a basis for understanding the sympatric occurrence of the balanomorph *Semibalanus balanoides*, *Balanus balanus*, *Balanus improvisus* and the verrucomorph *Verruca stroemia* in the eulittoral and deepwater in Gullmarfjord, we examined the cirral activity and structural morphology of the cirri. All Barnacles showed a rythmical cirral extension of the first three cirripedia, that function as a filter for plankton and detritus. Whereas the cirri of the Balanomorpha built a collective filtration net, also single cirri of the first three cirripedia of *Verruca stroemia* were directed to the mouth orifice. The last three cirri in all examined species functioned as a comb, carrying captured food from the first three cirri to the mouth. As the food spectrum shows no broad differences cirral activity may have little effect on the sympatric occurrence.

Einleitung

Darwin widmete einen grossen Teil seiner Forschung der Studie der funktionellen Morphologie der Cirripedia. Damit legte er bereist im 19. Jahrhundert die Grundlagen für jüngere Untersuchungen dieser Vertreter der Crustacea (Love, 2002).

Cirripedia, zu denen die Seepocken zählen, haben, wie viele benthische Adulti, freibewegliche pelagische Planktonstadien. Als Zwitter fuehren die Seepocken eine gegenseitige Kopulation nahe gelegener Artgenossen durch. Die befruchteten Eizellen verbleiben in der Mantelhöhle bis sie als freischwimmende Larven im Meerwasser entlassen werden. Auf die fuer Crustaceen typische Naupliuslarve folgt die Metamorphose ueber die Cypris zum adulten, permanent sessilen Stadium (Luther, 1987). Das erste Paar Antennen der Cyprislarven dient der Selektion und dem Anhaften auf Hartsubstrat während der Metamorphose. Die sechs Schwimmbeine

der Larven werden in federartige Cirren bei den Adulti zur Filtration von Plankton und Detritus umgewandelt. Die Cirren können durch die longitudinale Muskelaktivität vollkommen zurueckgezogen werden. Durch einen hydraulischen Prozess, bei dem durch Muskelkontraktion innerhalb des Prosomas Haemolympe in die Cirripeden getrieben wird, dehnen sie sich aus (Hayward&Ryland, 1995).

Ein Gehäuse umschliesst die Mantelhöhle, in der sich das Prosoma befindet. Es besteht aus sechs sich ueberlappenden Platten, dem Rostrum mit den beiden angrenzenden Rostrolateralplatten und den beiden Carinolateralplatten, die an der Carina anliegen. Die Öffnung wird durch das Operculum verschlossen. Innerhalb der Balanomorpha besteht dieses aus zwei Hälften, die wiederum jeweils aus zwei Hälften bestehen. Das Tergum liegt in Richtung der Carina und das Scutum, in Richtung des Rostrums. Das Operculum schuetzt vor Fressfeinden und Wasserverlust bei Trockenlegung im Gezeitenbereich. Das Kalkgehäuse wird häufig zur Artbestimmung herangezogen, so zeigt *Balanus balanus* stark gerippte Platten und spitzwinklige Enden des Tergums. Aber auch die tergoscutalen Häute können der Artunterscheidung dienen, so sind diese zum Beispiel bei *Balanus improvisus* gesprenkelt. Die Basalplatte kann dabei sowohl kalzitisch, als auch mebranös sein.

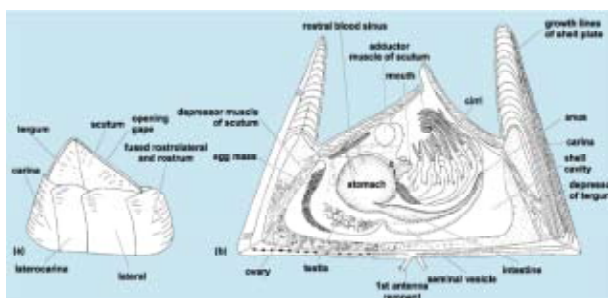


Abb. 0: Abbildung der Anatomie der Balanidae am Beispiel von *Balanus spec.* (ach Ruppert et al., 2003)

Eine Zeichnung zur Verdeutlichung der Anatomie der Balanidae als Beispiel für den Aufbau der sessilen Seepocken befindet sich im Abbildung 0.

Physikalische Faktoren, Substratwahl, Reproduktionszeitpunkt und Fressfeinde führen je nach Anpassung zur unterschiedlichen Besiedlung der Wasserbereiche. Oberhalb der Mittleren Niedrigwasserlinie wirken vorrangig abiotische Faktoren, wie Temperatur- und Salzgehaltsschwankungen, Austrocknung und extreme Wasserbewegungen auf die Organismen ein, unterhalb hauptsächlich Fressfeinde und Konkurrenz (Luther, 1987).

Im Gullmarfjord, Nordsee, findet sich im Eulitoral dominierend *Semibalanus balanoides*, aber auch *Balanus improvisus* ist vertreten. Zu den Tiefenformen zählen *Balanus balanus* und *Verruca stroemia*. Letztere gehört zu den Verrucomorpha, wohingegen die Balanidae zu den Balanomorpha gestellt werden (Hayward &

Ryland, 1995). Diese adulten Vertreter der Seepocken bilden oft dichte Kolonien auf Hartsubstrat im Bereich der Gezeitengewässer.

Bei der Entnahme von Tiefseeproben wurden auf einem einzigen kleinen Stein sowohl *S. balanoides*, als auch *V. stroemia* und *Balanus balanus*, neben *Elminius modestus* in Koexistenz gefunden.

Während die larvale Entwicklung gut untersucht erscheint (Barnes, 1956; Knight-Jones & Waugh, 1949; Jones & Crisp, 1954; Pyefinch 1948), gibt es bisher wenige vergleichende Studien sympatrisch vorkommender Arten bezüglich der funktionellen Morphologie der Cirripeden und des damit verbundenen Nahrungsspektrums. Es wurden drei Vertreter der Balanomorpha und ein Vertreter der Varrucamorpha auf die Aktivität der Cirren und der damit verbundenen Nahrungsaufnahme untersucht, untereinander verglichen und eine funktionelle Interpretation der Struktur vorgenommen.

Material und Methoden

Adulte Individuen der vier Arten wurden im späten September innerhalb des Gullmarfjords gesammelt. *Semibalanus balanoides* und *Balanus improvisus* wurden aus dem Eu- und Supralitoral entnommen. *Balanus balanus* und *Verruca stroemia* stammen aus Tiefseeproben (-41 m), die mit Hilfe einer Dredge zu Tage gefördert wurden. Die Seepocken wurden in Tanks mit entsprechendem Wasserzulauf (Oberflächen- und Tiefenmeerwasser) gehalten.

Bei sämtlichen Arten wurden zunächst Lebendbeobachtungen bezüglich der Bewegungsabläufe des

Filtrierapparates mit Videoaufnahmen (Digitalkamera Fujifilm N705, Fujifilm Corporation; Digitalkamera Sony DSC-W120, Sony Corporation) dokumentiert. Anschliessend wurden die Tiere für die vergleichenden Morphologiestudien in Formaldehyd konserviert. Für die Habitusaufnahme wurde ein Binokular (Zeiss West Germany 475022) und für die Dokumentation der Cirren ein Mikroskop (SM-LUX, Ernst Leitz GmbH Wetzlar) verwendet. Zu jeder Art wurden Zeichnungen angefertigt.

Ergebnisse

Bewegungsablauf der Cirripeden

Bei Betrachtung des Bewegungsablaufes von *Semibalanus balanoides* zeigte sich, dass es sich um einen rhythmischen Prozess handelt (Abbildung 1 und Abbildung 2). Dabei werden die beiden Operculumplatten nach lateral geöffnet und die ersten drei Cirripeden werden als verlängerter gewölbter Trichter aufgestellt. Diese Formation wird anschließend wieder in einer halbkreisförmigen Bewegung eingerollt. Dadurch gelangen die ersten 3 Cirripeden

mit den letzten drei Cirripeden in Kontakt. Dabei kommt es zu einer Art Abstreifbewegung, bei der die ersten drei Cirripeden durch die Spaltbeine der letzten drei Cirripeden gezogen werden. Anschließend beginnt die Bewegungssequenz von Neuem.

Dieser Bewegungsablauf kann in seiner Frequenz variieren werden. Dabei kann eine maximale Frequenz von bis zu 2,67 Schlägen pro Sekunde erreicht werden. Bei einer

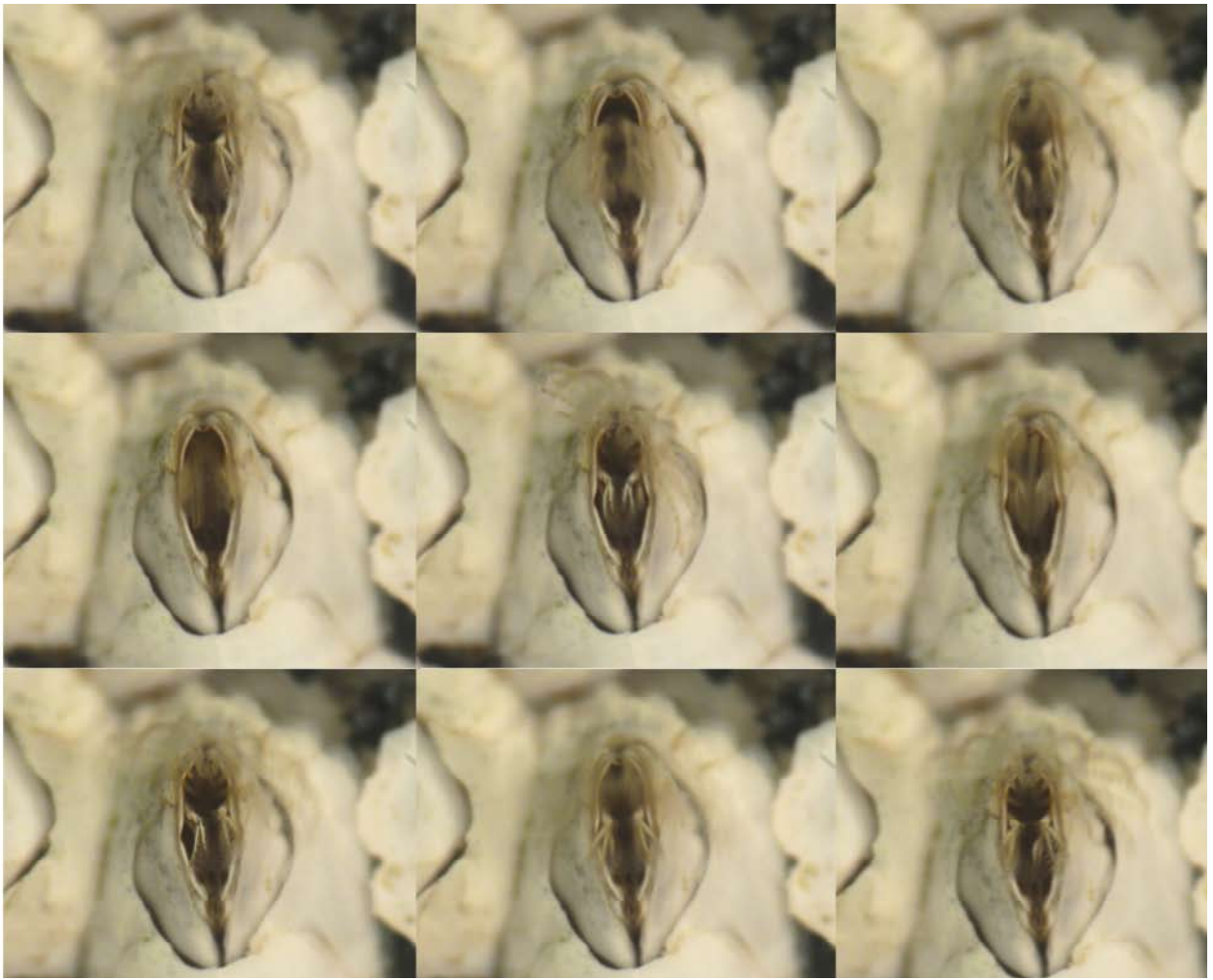


Abb.1

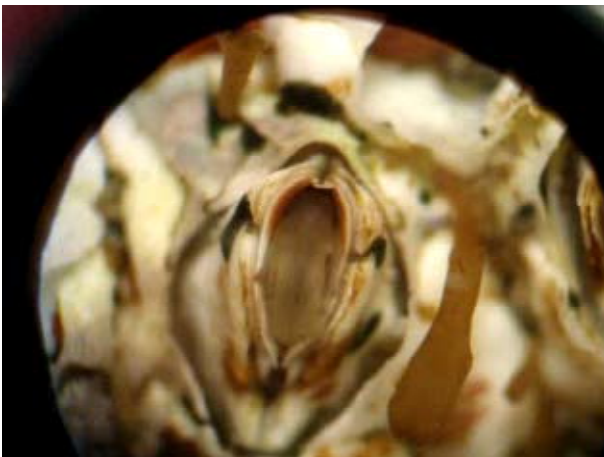


Abb.2



Abb.3

niedrigeren Frequenz konnte zusätzlich eine Drehbewegung um bis zu 80° des Trichters beobachtet werden, bevor dieser zurückgezogen wurde (Abbildung 3).

Dieser Bewegungsablauf der Cirripeden zeigte sich ebenso bei *Balanus balanus* (Abbildung 4 und Abbildung 5) und bei *Balanus improvisus* (Abbildung 6 und Abbildung 7). Bei *Balanus balanus* öffnen sich die Operculum-Platten lateral, wobei die Terga in Richtung Rostrum

geschoben werden und anschließend eine Aufwärtsbewegung vollführen.

Balanus improvisus gleicht in der Öffnung der Opercula *Semibalanus balanoides*.

Verruca stroemia wies einen anderen Bewegungsablauf als den vorher beschriebenen auf (Abbildung 8). Das Operculum öffnet sich seitlich klappenartig, dadurch können die ersten 3 Cirripeden als breiter gewölbter Trichter aufgestellt werden. Im Unterschied zu



Abb.4

den drei betrachteten Balanomorpha konnten einzelne Cirripeden zu den Cirripeden 4 bis 6 zurückgezogen und von diesen abgestreift werden (Abbildung 9). Bei keinem der vorliegenden Individuen konnte eine derart hohe Frequenz wie bei *Semibalanus balanoides* beobachtet werden. Vielmehr zeigte sich, dass der Trichter im freien Wasser für eine vergleichsweise lange Zeit aufgestellt wurde.

Anschließend wurden die ausgefahrenen Cirripeden zurückgezogen - dabei wurde keine Einrollbewegung wie bei den Balanomorpha beobachtet. Zusätzlich wurde ein Paar Antennen beobachtet, welches mit den Cirripeden ausgefahren wurde und dabei rücklings über das Rostrum geklappt wurde (Abbildung 9 - linkes Tier). Anschließend wurden Antennen und Cirripeden gemeinsam zurückgezogen.



Abb.5



Abb.7

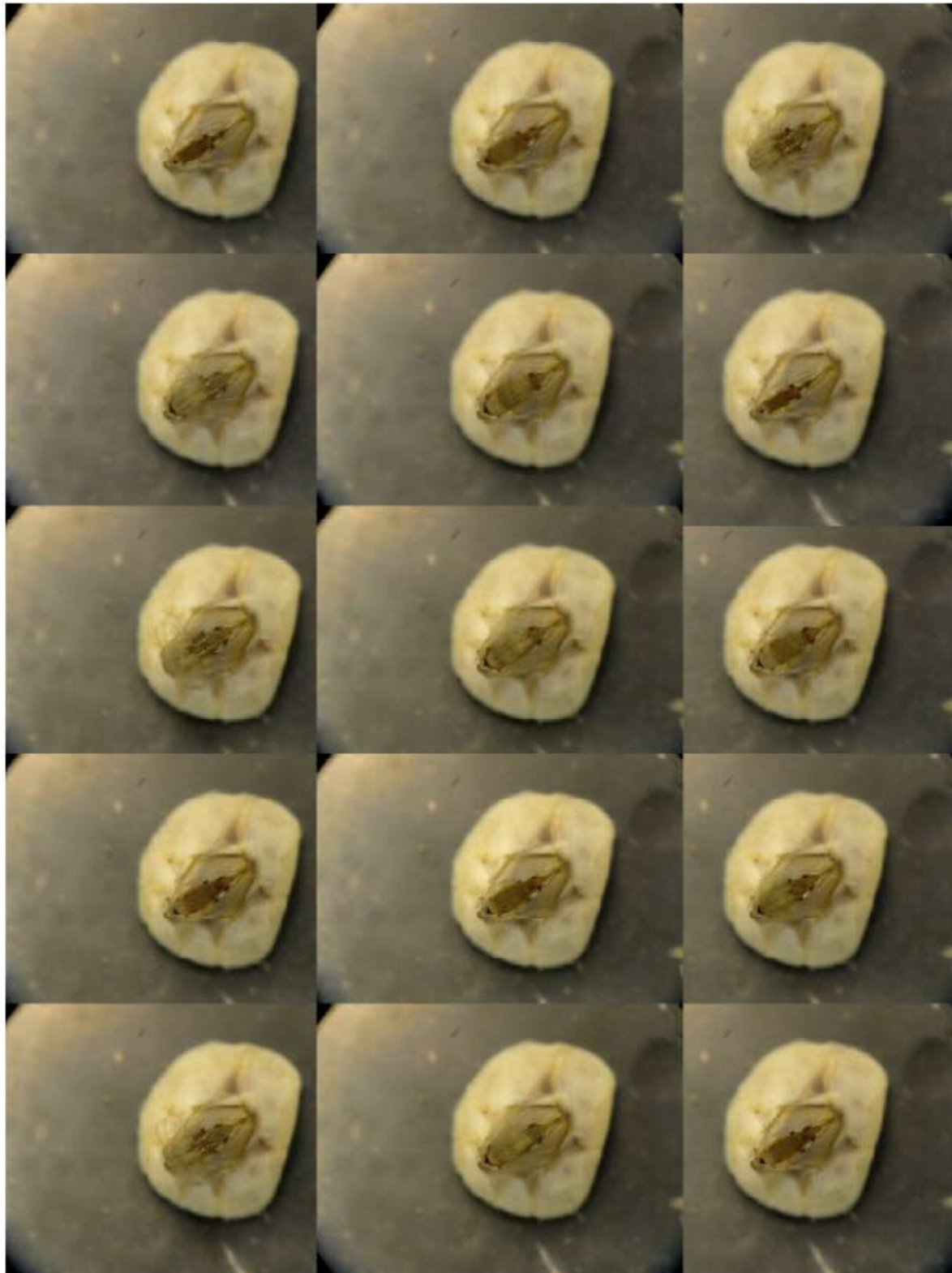


Abb.6

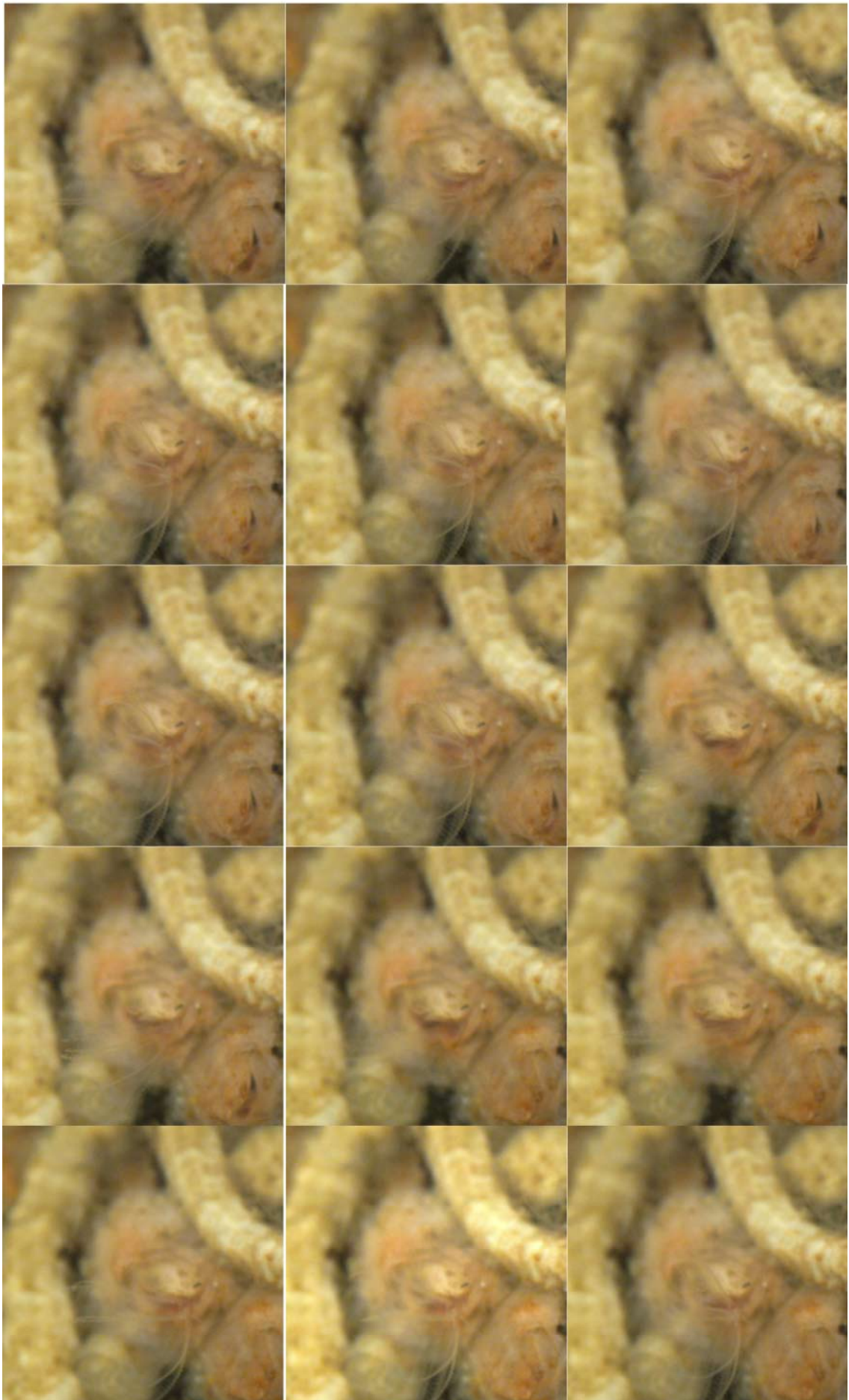


Abb.8



Abb.9

Bei geschlossenen Opercula liegen die drei Balanomorphen mit ihrer dorsalen Seite dem Substrat zugewandt (Abbildung 10 *Semibalanus balanoides*, 11 - *Balanus balanus*, 12 - *Balanus improvisus*), *Verruca stroemia* (Abbildung 13) als einziger Vertreter der Verrucomorpha wurde mit lateraler Lage dem Substrat zugewandt gefunden.

Struktur der Cirripedien

Die ersten drei Cirripedien der vier untersuchten Seepocken weisen oberflächlich keine offensichtlichen Unterschiede auf. Generell handelt es sich um ausgeprägte Spaltbeine bestehend aus Exo- und Endopodit, die auf der Basis aufsitzen, die wiederum der Coxa aufsteht. Der Exo- und der Endopodit wiesen bei allen Arten eine Behaarung auf. Diese war bei *Semibalanus balanoides* im Vergleich zu den anderen Arten sehr viel stärker ausgeprägt.

Im Vergleich zu den Cirripedien 4 bis 6 sind die Cirripedien 1 bis 3 weitaus schmaler und länger, was sich in der Zahl der Glieder widerspiegelt. Desweiteren ist die Behaarung der ersten 3 Cirripedien weitaus weniger

ausgeprägt und sie sind ungefähr gleich lang. Die letzten 3 Cirripedien werden zunehmend nach caudal kleiner.

Bei dem sechsten Cirrus von *Balanus balanus* (Abbildung 15) und *Verruca stroemia* (Abbildung 17) unterscheiden sich Exo- und Endopodit deutlich in ihrer Länge.

Die beiden letzten Cirripedien von *Semibalanus balanoides* (Abbildung 14) und *Balanus balanus* weisen eine sehr fleischige Gestalt auf und weisen unterschiedliche lange Exo- und Endopoditen auf. Wohingegen *Balanus improvisus* (Abbildung 16) in den letzten drei Cirripedien eine fleischige Gestalt aufweist, Exo- und Endopodit sind gleich lang. *Verruca stroemia* hebt sich durch seine vergleichsweise schmalen und unfleischigen Cirri 4 bis 6 ab. Dennoch weisen auch hier die Cirri 4 bis 6 unterschiedlich lange Exo- und Endopoditen auf.

Die Innenseite sämtlicher Cirripedien, welche bei der Einrollbewegung dem Körper zugewandt ist, weist bei allen untersuchten Tieren eine stärkere Behaarung auf.

Des weiteren zeigt sich, dass jedes Glied der Exo- und Endopoditen innerhalb eines Cirrus das gleiche Muster an Behaarung aufweist.

Eine Zusammenfassung der Zeichnungen sämtlicher Cirripedien jeder untersuchten Art befinden sich in den Abbildungen 14 - *Semibalanus balanoides*, 15 - *Balanus balanus*, 16 - *Balanus improvisus* und 17 - *Verruca stroemia*.

Diskussion

Prinzipiell zeigt sich ein deutlicher Unterschied im Bewegungsablauf und der Struktur der Cirripedien zwischen den untersuchten Balanomorpha und der Verrucomorpha *Verruca stroemia*.

Dabei bilden die ersten drei Cirripedien der Balanomorpha ein kollektives Nahrungsnetz, wohingegen bei *Verruca stroemia* auch einzelne der drei ersten Cirripedien dem Nahrungsfang dienen. Das Nahrungsnetz der Balanomorpha wird dem Mund geschlossen zugeführt; bei *Verruca stroemia* können auch

einzelne Cirripedien dem Mund zugeführt werden, während die übrigen weiterhin ausgestreckt bleiben.

Generell dienen aber, sowohl bei den untersuchten Balanomorpha als auch bei der untersuchten Verrucomorpha, die ersten drei Cirripedien dem Nahrungsfang, Filtrierung und Zuführen der Nahrung in Richtung der Mundöffnung.

Die letzten drei Cirripedien dienen mit ihren dichteren und ausgeprägteren Setae dabei dem Auskämmen der Nahrungspartikel aus den er-

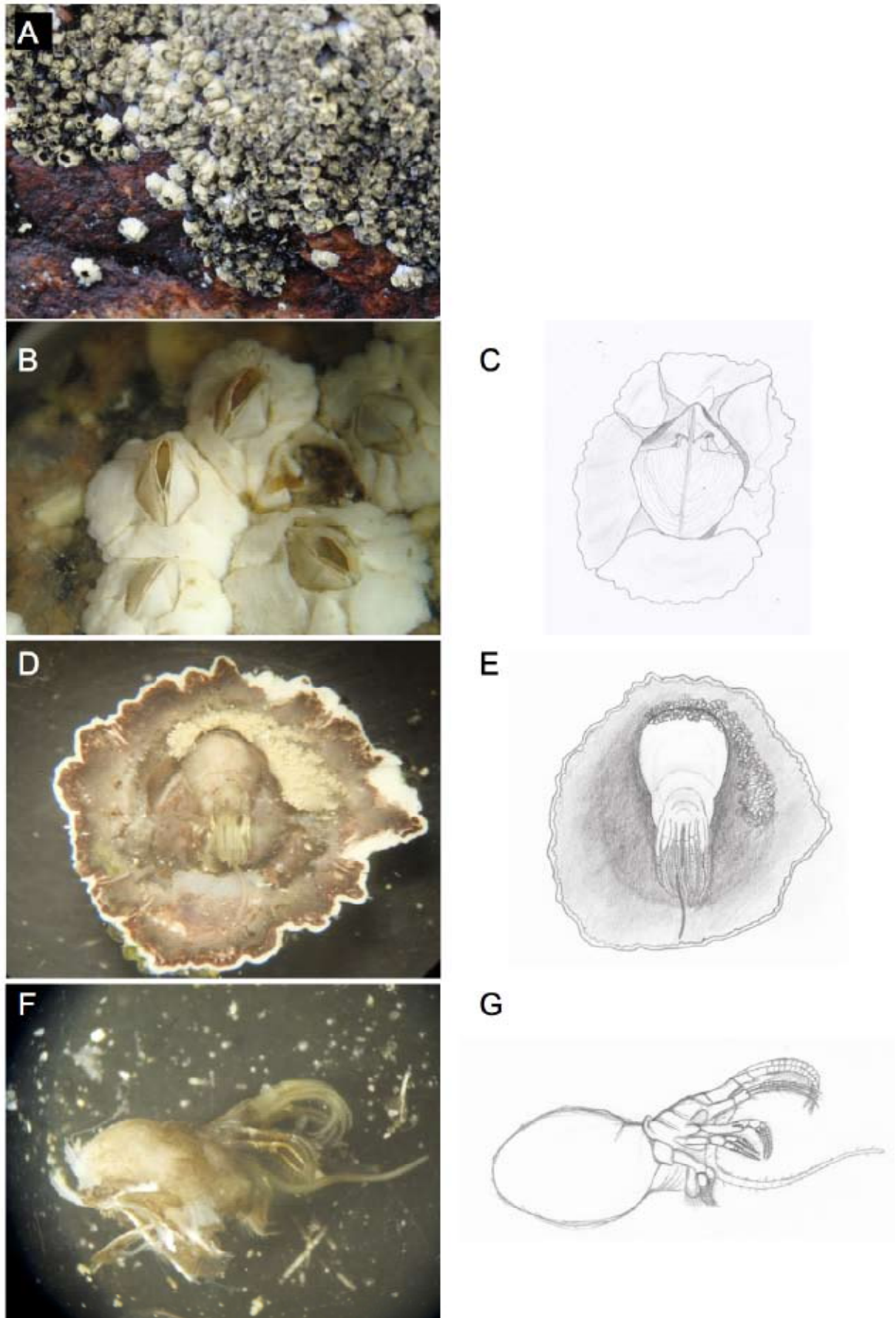


Abbildung A-G: *Semibalanus balanoides*; A - *Semibalanus balanoides* an einem der Fundorte (steile Felswand einer Insel im Gullmarsfjord); B,C - Dorsalansicht; D,E - Ventralansicht; F,G - Lateralansicht des freipräparierten Tieres

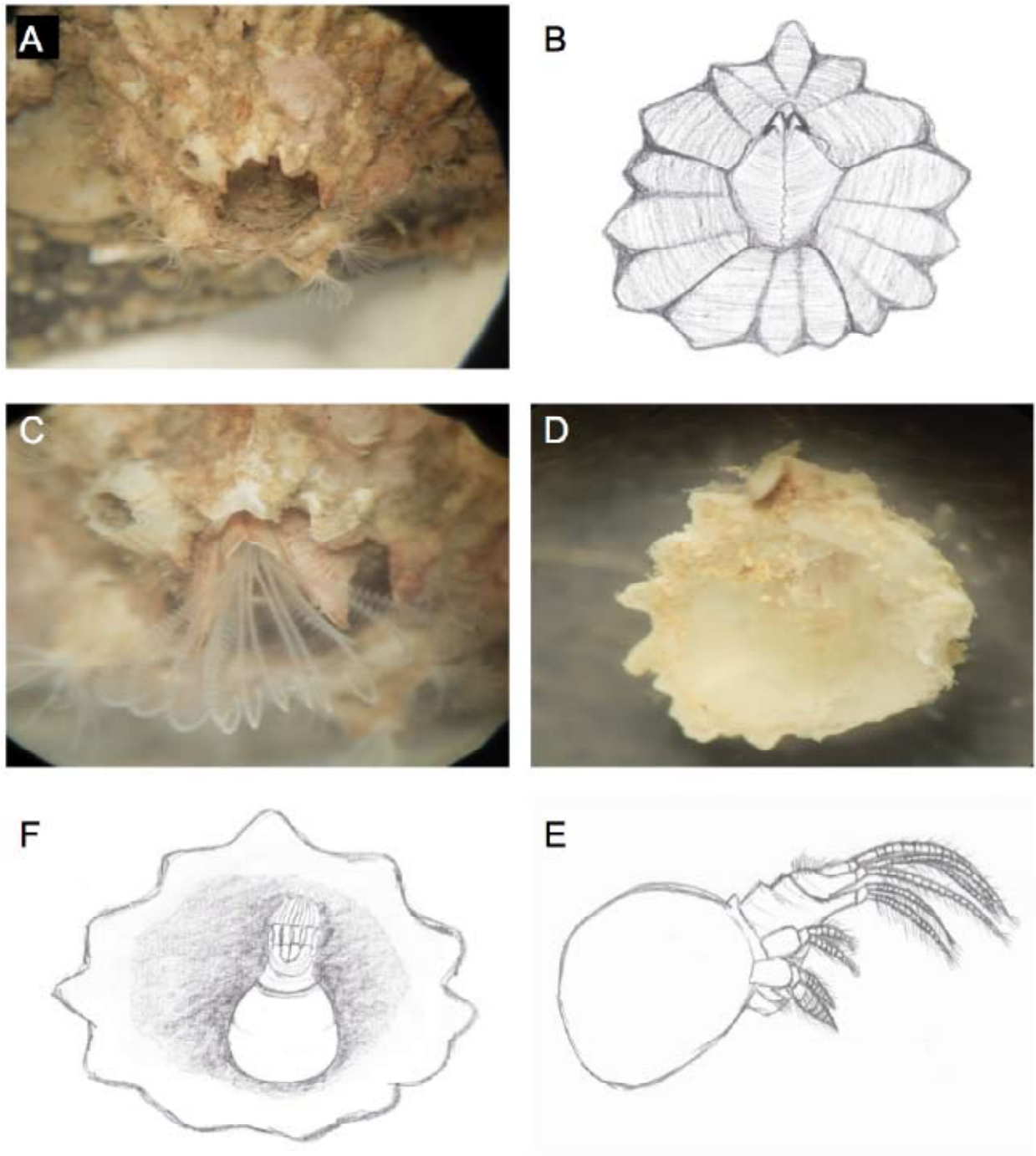


Abbildung A-D: *Balanus balanus*; A - *Balanus balanus* gesamt; B - Zeichnung der Aufsicht; C - Tier streckt sich aus dem Gehäuse - schnabelförmiges Tergum wird deutlich; D - Schalenansicht von ventral; E - Zeichnung der Schalenansicht von ventral mit enthaltenem Tier; F - Lateralansicht des herauspräparierten Tieres

Abb.11

sten drei Cirripeden und der schlussendlichen Nahrungszufuhr in die Mundöffnung.

Im Rahmen dieser Arbeit war es nicht möglich, den Mageninhalt der Tiere zu untersuchen, weshalb wir uns hierfür auf Ergebnisse einer früheren vergleichenden Studie von Anderson (1981), berufen.

In diesem Artikel wird als Nahrungsspektrum

von *Semibalanus balanoides* Naupliuslarven und anderes Zooplankton, sowie zahlreiche Diatomeen und anderes Mikropkton beschrieben.

Für *Elminius modestus* (Balanomorpha), welche einmalig auf selbigem Substrat wie die übrigen Seepocken gefunden wurde, aber aufgrund zu geringer Größe nicht präpariert

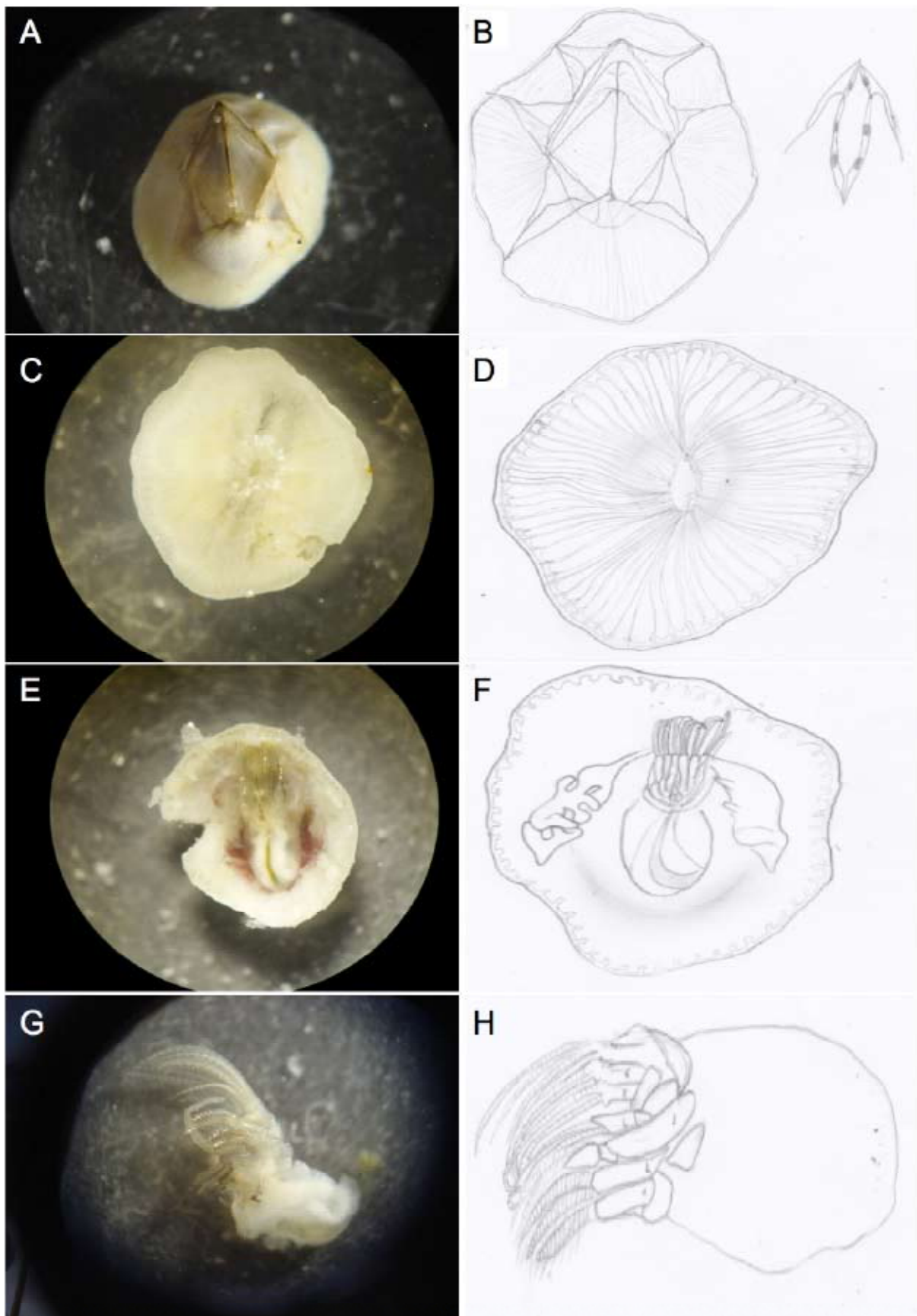


Abbildung A-H: *Balanus improvisus*; A,B - Dorsalansicht; C,D - Ventralansicht mit kalzitischer Platte; E,F - Ventralansicht mit entfernter kalzitischer Platte; G,H - Lateralansicht des freipräparierten Tieres

Abb.12

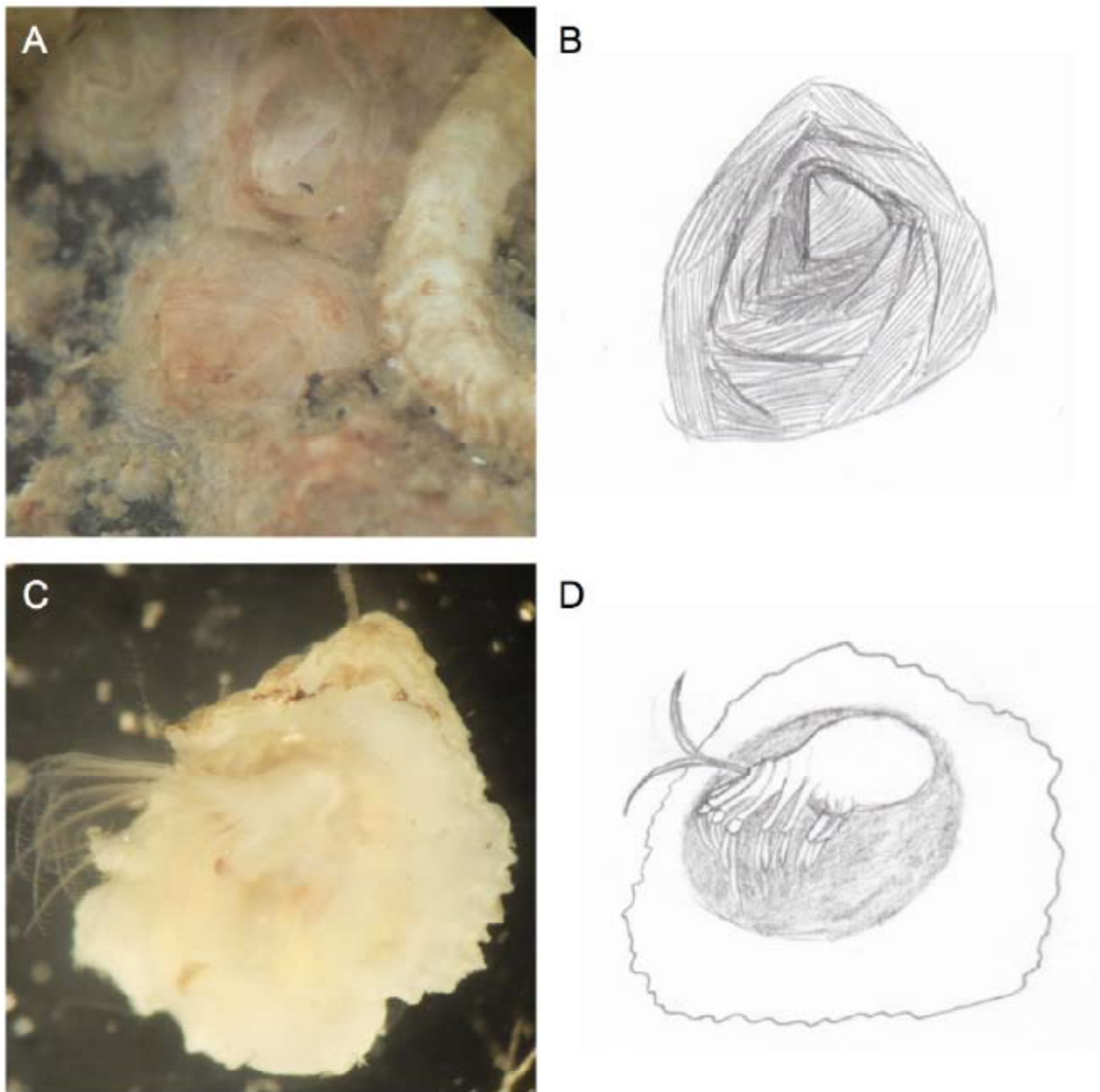
**Abb.13**

Abbildung A-D: Verruca stroemi; A,B - Dorsalansicht C,D - Ventralansicht

werden konnte, beschränken sich im Gegensatz zu *Semibalanus balanoides* auf größere Partikel.

Balanus balanoides wird als planktivorer Organismus beschrieben; für *Balanus improvisus* waren keine Daten verfügbar.

Verruca stroemias aufgenommene Nahrung wird hauptsächlich von lebendem Zooplankton gebildet, aber auch kleinere Partikel werden aufgenommen.

Dies zeigt, dass alle sympatrisch vorkommenden untersuchten Seepocken mehr oder weniger dieselbe Nahrung konsumieren und es dadurch zu einer Konkurrenz um eben diese Nahrung kommen müsste. Zudem nutzen die

Balanomorpha auch mehr oder weniger den selben Fangmechanismus, was auch zu einer Konkurrenz führen dürfte.

Eventuell sorgen feinstrukturelle Unterschiede der Oberflächenstrukturen der Cirripedia beziehungsweise der Setae für bisher unbekannte Unterschiede des konsumierten Planktons. Dies konnte im Rahmen dieser Arbeit auch nicht geklärt werden, weshalb für die Zukunft noch weitere Untersuchungen der Setae der Cirripeden notwendig sind, um einen detaillierteren Aufschluss über die Funktion zu erhalten.

Betrachtet man die Fundorte der untersuchten Tiere werden in der Gezeitenzone nahezu aus-

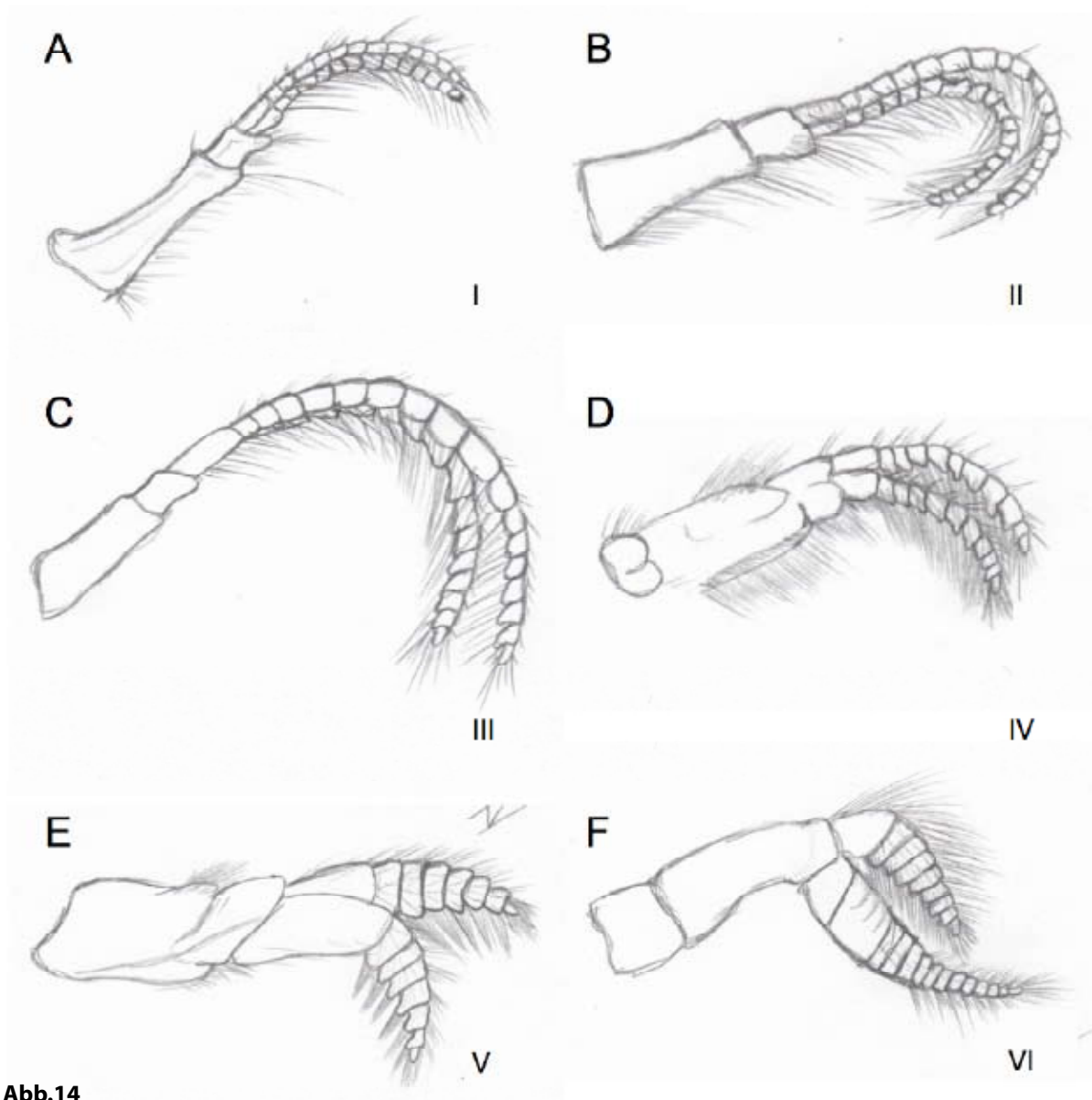


Abb.14

Abbildung A-F: Extremitäten von *Semibalanus balanoides*; A - erste Extremität; B - zweite Extremität; C - dritte Extremität; D - vierte Extremität; E - fünfte Extremität; F - sechste

schließlich *Semibalanus balanoides* gefunden, mit vereinzeltem Vorkommen von *Balanus improvisus*, während die Tiefseeproben zeigten, dass *Semibalanus balanoides* auch hier überlebensfähig ist, aber nicht dominierend. Somit steht *Semibalanus balanoides* in Konkurrenz mit den übrigen untersuchten Balanomorpha und Verrucomorpha, unterliegt ihnen aber.

Zusammenfassend zeigt sich, dass unterschiedliche Filtriermechanismen nicht als einzige Begründung für das sympatrische Vorkommen der vier untersuchten Seepocken-

arten dienen können. Die Struktur und der Bau der Cirripeden und die darausfolgende unterschiedliche Nahrungsaufnahme, die verschiedenen Tiefenzonen mit ihren spezifischen physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften, welche als Lebensraum dienen, und die verschiedenen Larvalstadien und deren Biologie sind Ansätze für Erklärungen der Koexistenz von *Semibalanus balanoides*, *Balanus balanus*, *Balanus improvisus* und *Verruca stroemia* - dem sollte in zukünftigen Studien intensiver nachgegangen werden.

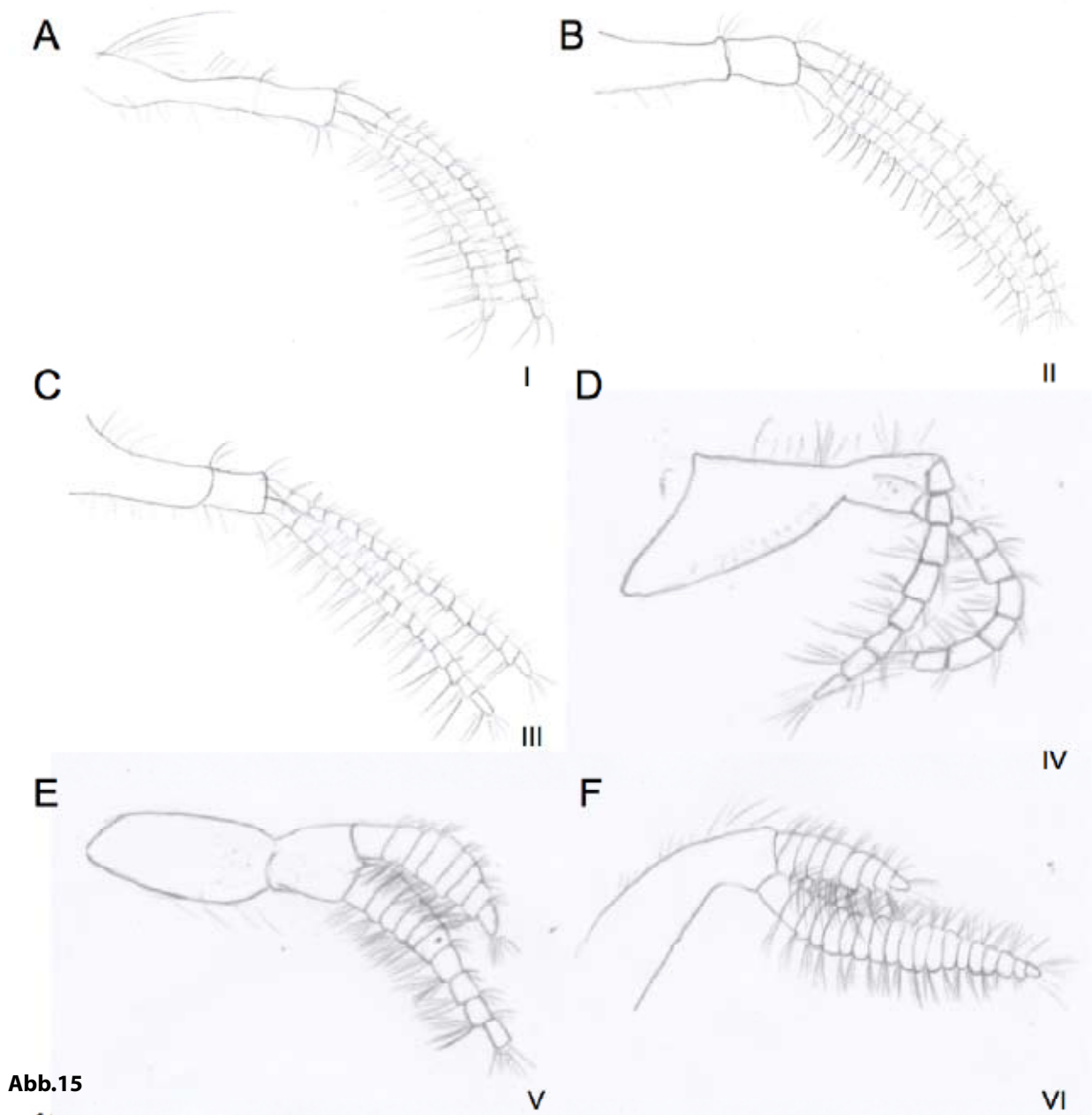


Abb.15

Abbildung 15: Extremitäten von *Balanus balanoides*, A - erste Extremität, B - zweite Extremität; C - dritte Extremität; D - vierte Extremität; E - fünfte Extremität; F - sechste Extremität

Literatur

Anderson, D.T. (1980): Cirral Activity and Feeding in the Verrucomorph Barnacles *Verruca recta* Aurivillius and *V. stroemia* (O. F. Müller) (Cirripedia). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 60: 349-366

Anderson, D.T. (1981): Cirral Activity and Feeding in the Barnacle *Balanus perforatus* Bruguiere (Balanidae), with comments on the Evolution of Feeding mechanisms in Thoracican Cirripeds. *Philosophical Transactions of The Royal Society, Biological Sciences*

Barnes, H. (1956): *Balanus balanoides* (L.) in the Firth of Clyde: The Development and Annual Variation of the Larval Population, and the Causative Factors. *Journal of Animal Ecology*. 25 (1): 72-84

Darwin, C. (1854): A Monograph on the Sub-class Cirripedia with Figures of all the species Printed

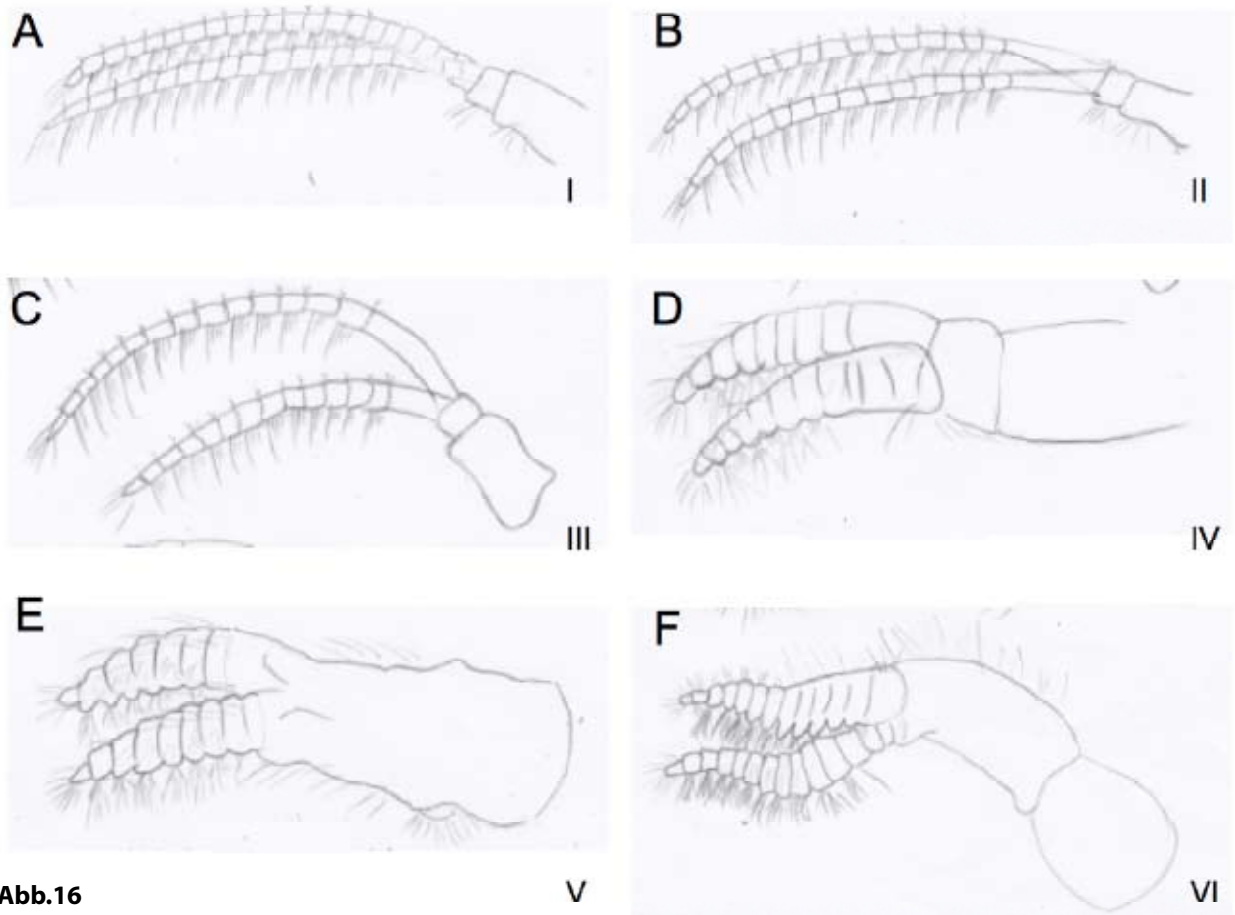


Abb.16

V

VI

Abbildung A - F: Extremitäten von *Balanus improvisus*; A - erste Extremität; B - zweite Extremität; C - dritte Extremität; D - vierte Extremität; E - fünfte Extremität; F - sechste Extremität

for the Ray Society MDCCCLIV

Hayward, P.J. & Ryland, J.S. (1995): Handbook of the Marine Fauna of North-West Europe. Oxford: Oxford University Press

Jones, L. W. G.M; Crisp, D. J. (1954): The larval stages of the Barnacle *Balanus improvisus* Darwin. Proceedings of the Zoological Society of London. 123: 765–780

Knight-Jones, E. W.; Waugh, G. D. (1949): On the Larval Development of *Elminius Modestus* Darwin. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 28 (2): 413-428

Luther, G. (1987): Seepocken der deutschen Küstengewässer. Hamburg: Helgoländer Meeresuntersuchungen 41, 1-43

Love, A. C. (2002): Darwin and Cirripedia Prior to 1846: Exploring the Origins of the Barnacle Research. Journal of the History of Biology. 35 (2): 251-289

Pyefinch, K. A. (1948): Notes on the biology of cirripeds. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 27: 464-503

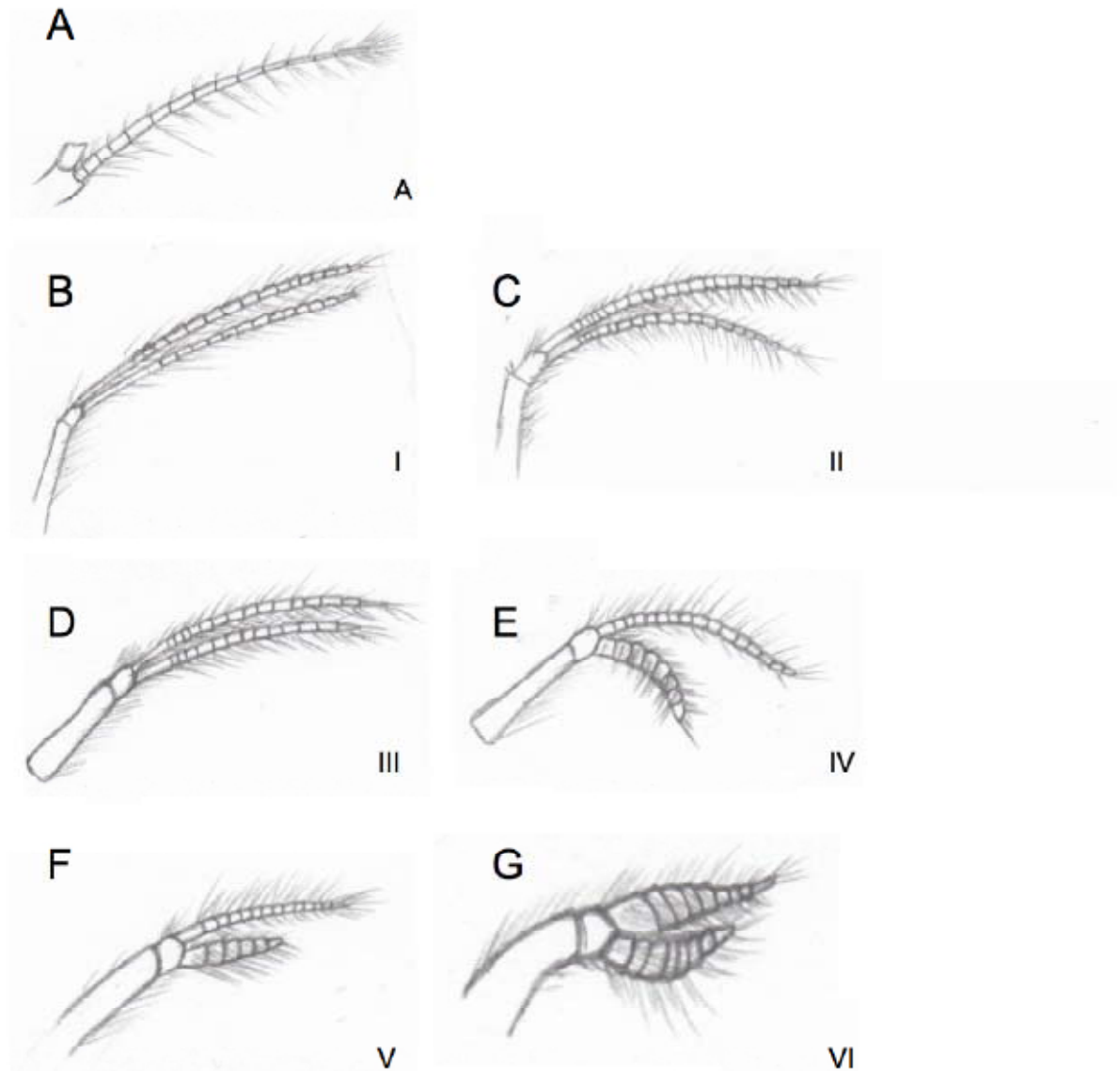


Abbildung A - G: Extremitäten von *Verruca stroemi*; A - Antenne (A); B - erste Extremität; C - zweite Extremität; D - dritte Extremität; E - vierte Extremität; F - fünfte Extremität; G - sechste Extremität

Abb.17

Ruppert, E.R. (2003) et al, Invertebrate Zoology: A Functional Evolutionary Approach, 7th ed., Brooks Cole

Morphological investigations of selected echinoids

Katja Jaszkwowiak; Katja_Jaszkwowiak@yahoo.de
Sascha Hentschel; sahentschel@gmx.de

Abstract

Echinoids have a radial pattern that is formed by skeletal plates which are fused to each other and form rows that run from the oral to the aboral surface. These plates can be divided into ambulacral and interambulacral plates. The ambulacral plates are perforated and therefore allow the ambulacral system within the animal a connection with its surrounding. Another important aspect of echinoid morphology is the digestive tract that is situated in a special way within the animal and can be used as a phylogenetic marker showing an additional caecum in some echinoid groups (Ziegler et al., 2010). We also investigated the gonads as they were situated in different positions within the investigated species and also show a different morphology. There are numerous different studies into echinoid biology but many of them focus on very specialized aspects. By investigating three different species belonging to two different echinoid groups (*Gracilechinus acutus* (Lamarck, 1816), *Echinus esculentus* (Linnaeus, 1758) - Echinidae (Echinodermata – Echinoidea – Carinacea); *Brissopsis lyrifera* (Forbes, 1841) - (Echinodermata – Echinoidea – Irregularia)) we tried to give a

Einleitung

Die Echinoidea verfügen häufig über einen speziellen radiärsymmetrischen Aufbau. Hierbei liegen miteinander verbundene Skelettplatten in Form von Reihen, welche von oral nach aboral verlaufen, nebeneinander und bilden ein meist annähernd globuläres Innenskelett. Diese Platten lassen sich in Ambulakralplatten und Interambulakralplatten unterteilen, welche abwechselnd angelegt sind. Erstere weisen Poren auf, durch die eine Verbindung des Ambulakralsystems im Inneren mit der Umgebung ermöglicht wird. Dies bietet den Tieren verschiedene Möglichkeiten die Atmung, Fortbewegung, sowie den Transport von Stoffen betreffend. Ausserdem weist das Skelett verschiedene bewegliche Stacheln und sogenannte Pedicellarien auf. Der Mund befindet sich auf der oralen Seite. Viele Arten verfügen über eine sehr komplexe Struktur zur Nahrungsaufnahme, die Laterne des Aristoteles (Ruppert et al., 2004). Der Verlauf und Aufbau des Darms ist

ebenfalls sehr komplex und kann für phylogenetische Studien verwendet werden (Ziegler et al., 2010). Der After befindet sich bei vielen Arten gegenüber des Mundes auf der Aboralseite des Tieres. Um ihn herum sind verschiedene spezielle Platten angeordnet, welche Poren zur Abgabe von Spermia bzw. Eizellen oder als Verbindung des Ambulakralsystems mit der Aussenwelt besitzen. Eine dieser Platten ist meist zur sogenannten Madreporitenplatte umgewandelt (Ruppert et al., 2004). Bei den Irregularia, welche nicht über einen radiärsymmetrischen Aufbau verfügen, ist der After nach posterior verschoben (Ryland & Hayward, 1995). Die Echinoidea sind eine gut untersuchte Gruppe der Echinodermata (Ziegler et al., 2012). Allerdings befassen sich viele Studien mit speziellen, einzelnen Teilaspekten der Echinoidea (z.B. Afzelius, 1955; Wang et al., 1997). In dieser Arbeit wird versucht eine Brücke über die verschiedenen Untersuchungen zu

schlagen und die verschiedenen Merkmale ausgesuchter Echinoidea vergleichend darzustellen. Bei diesen Merkmalen handelt es sich um den allgemeinen Aufbau des Innenskeletts inklusive der Pedicellarien, dem Ambulakralsystem, der Laterne des Aristoteles mit Verdauungssystem und den Gonaden. Die ausgewählten Vertreter

sind *Echinus esculentus* (Linnaeus, 1758) und *Gracilechinus acutus* (Lamarck, 1816) als Vertreter der radiärsymmetrischen Echinidae und diesen gegenüber gestellt, *Brissopsis lyrifera* (Forbes, 1841), welcher zu der Gruppe der Irregularia gehört.

Material und Methoden

Für die vorliegende Studie wurden drei Seeigel unterschiedlicher Arten untersucht. Dies waren *Echinus esculentus* (Linnaeus, 1758) und *Gracilechinus acutus* (Lamarck, 1816) als Vertreter der Echinidae sowie *Brissopsis lyrifera* (Forbes, 1841) als Vertreter der Irregularia. Die Individuen der Art *Echinus esculentus* und *Brissopsis lyrifera* wurden während der meeresbiologischen Exkursion der Humboldt-Universität zu Berlin vom 26.09.2013 – 04.10.2013 während einer Ausfahrt mit dem Forschungsschiff "Belone" mittels eines Grundschleppnetzes gesammelt. Der Vertreter der Art *Gracilechinus acutus* stammte aus einer kurz zuvor durchgeführten Exkursion der Universität Uppsala. Alle Tiere wurden im September 2013 im Gullmarsfjord in Schweden gefangen. Die gesammelten Seeigel wurden vor der Präparation in Aquarien mit fließendem Meerwasser bei etwa 10°C gehalten. Die Tiere wurden vor dem Sezieren mit mentolversetztem Süßwasser betäubt. Anschließend erfolgte die Präparation mit üblichem Präparierbesteck, wobei bei den regulären Seeigeln besonders eine starke Präparierschere zum Einsatz kam. Um den Darm der Tiere nicht zu verletzen wurde die Aufpräparation mit einem flach geführten Schnitt, durch das Kalkskelett zwischen zwei Ambulakralfüßchenreihen

von kurz vor dem After bis kurz vor der Mundöffnung begonnen. Nach diesem Schnitt wurden die Darmaufhängungen lokalisiert und durchtrennt. Wenn es möglich war wurde das Skelett so präpariert, dass die Bereiche mit Darmaufhängungen unbeschadet gelassen wurden. Der Einschnitt wurde zu einer der beiden nächst liegenden Ambulakralfüßchenreihen erweitert. Die nun frei liegende Leibeshöhle des Tieres wurde dokumentiert und der Darm, Fettkörper sowie Gonaden entfernt. Der Einschnitt wurde zur Laterne des Aristoteles erweitert. Die Laterne wurde ausgeschnitten und samt Skelettumrandung entfernt. Anschließend wurde auch die Laterne sowie die Schalenteile unter dem Binokular untersucht und dokumentiert. Der irreguläre Seeigel wurde an der Oberseite geöffnet entlang der auffälligen Reihe kurzer, dunkel gefärbter Stacheln. Diese Reihe verläuft auf der apikalen Seite der Tiere in einem unregelmäßigen Kreis und schließt den Darmausgang nicht mit ein. Dadurch sollte der Darm und andere Organe möglichst wenig verletzt werden. Nach abgeschlossener Dokumentation wurde der Verdauungstrakt bis zum Ösophagus entfernt. Die Dokumentation erfolgte über zwei Kameras, zum einen mit einer Panasonic DMC-FS6 und einer Nikon 1 J1.

Ergebnisse

Im Folgenden werden die untersuchten Merkmale von *Echinus esculentus* (Linnaeus, 1758), *Gracilechinus acutus* (Lamarck, 1816) und *Brissopsis lyrifera* (Forbes, 1841) beschrieben. Es handelt sich um den allgemeinen Aufbau des Gehäuses und Teile des Skelettsystems, wie die Pedicellarien oder die Laterne des Aristoteles sowie um Weichteilmerkmale, wie das Ambulakralsystem, dem Verlauf des Verdauungstrakts, sowie die Gonaden.

Echinidae (Echinodermata – Echinoidea – Carinacea)

Echinus esculentus (Linnaeus, 1758)

Bei *Echinus esculentus* handelt es sich um

einen grossen, globulären Seeigel mit einem Durchmesser von 97 mm und einer Höhe von 85 mm. Die Färbung ist rot mit rötlichen Stacheln, welche ueber violette Spiten verfuegen. Alle Stacheln sind von ähnlicher Länge. Die Ambulacralfuesschen besitzen an den Spitzen zu Saugnäpfen umgewandelte Strukturen. Die Pedicellarien bestehen aus einem verkalkten Stiel, welcher in einen weichen, beweglichen Schlauch uebergeht. Dieser endet in einem dreigliedrigen Köpfchen, welches sich zangenartig öffnen und schliessen kann. Direkt hinter der Mundöffnung liegt die Laterne des Aristoteles. Sie ist eine komplex aufgebaute Struktur, welche ueber jeweils fuenf Zaehne

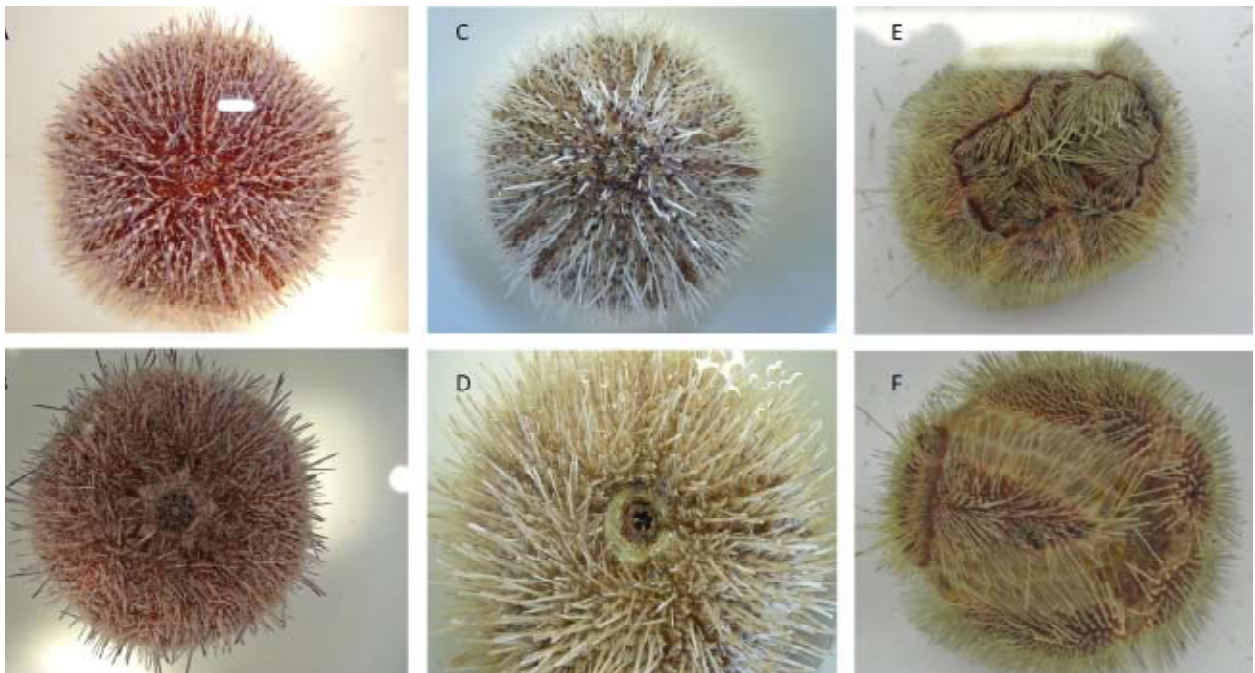


Abb. 1: Verschiedene Seeigelarten, Habitus oben: Ansicht von aboral, unten: Ansicht von oral; (A,B) *Echinus esculentus*; (C,D) *Gracilechinus acutus*; (E,F) *Brissopsis lyrifera*.

mit dazugehörigen Kiefern (Pyramiden) verfügt. Diese sind durch transvers verlaufende Muskeln sowie weitere Skelettelemente miteinander verbunden und bilden eine fuenfstrahlige radiärsymmetrische Struktur (Abb. 1). Der Muskelapparat der Laterne verfügt an verschiedenen Stellen des Kiefers und der Zähne ueber Ansatzpunkte und ermöglicht dadurch komplexe Bewegungsabläufe während der Nahrungsaufnahme (Abb. 4). Innerhalb der Laterne verläuft der Oesophagus und geht anschliessend in das Verdauungssystem ueber. Der Verlauf des Darms lässt sich als doppelt spiralförmig beschreiben. Er zieht von der Laterne nach aboral zum Skelett und anschliessend girlandenförmig entlang der Innenwand. An dieser ist er ueber Mesenterien aufgehängt. Dabei umrundet er das gesamte Skelett fast vollständig, schlägt dann nach aboral um und

verläuft erneut in einer zweiten Schleife ueber der Unteren zurueck. Anschliessend muendet er im After, welcher in der Mitte der Aboralseite liegt (Abb. 1).

Die Gonaden von *Echinus esculentus* sind ebenfalls radiärsymmetrisch angelegt. Sie befinden sich im oberen Bereich des Skeletts und lassen sich in fuenf einzelne Gonaden, ohne Verbindung untereinander, unterteilen. Die Ausfuehrungsgänge der Gonaden muenden in Platten des Innenskeletts welche um den After auf der Aboralseite liegen (Abb. 3).

Gracilechinus acutus (Lamarck, 1816)

Bei *Gracilechinus acutus* handelt es sich um einen grossen, globulären, leicht kegelförmigen Seeigel mit einem Durchmesser von 130 mm und einer Höhe von 97 mm. Die Färbung ist weiss mit leicht braunen Steifen



Abb. 2: Verlauf des Verdauungssystems (A) *E. esculentus*, der Pfeil zeigt den Beginn des Darms bei seinem Verlauf von der oralen Seite (B) *G. acutus*, der Pfeil zeigt den Darm und seine Aufhängung ueber Mesenterien am Skelett (C) *B. lyrifera*, der Pfeil zeigt auf den Darm, der in Richtung After zieht, unterhalb des Pfeils sieht man das Caecum als dunkel gefärbte Struktur.



Abb. 3: Die Gonaden der Echinoidea (A) *Echinus esculentus*, der Pfeil zeigt eine der Gonaden (B) der Pfeil zeigt die Ausführgänge der Gonaden von *E. esculentus* (C) Darstellung der Muendungen der Ausführgänge (Pfeil) von *E. esculentus*, Ansicht von aboral (D) Fett haltige Organe (Pfeil) von *G. acutus*, Innenansicht (E) die Ausführgänge der Gonaden (Pfeil 1) und Madreporenplatte (Pfeil 2) von *B. lyrifera*, Innenansicht.

entlang der Ambulacralplatten. Die Spitzen sind ebenfalls weiss mit einer rötlich gefärbten Basis. Die Stacheln sind unterschiedlich lang. Die Ambulacralfuesschen besitzen an den Spitzen zu Saugnäpfen umgewandelte Strukturen. Die Pedicellarien bestehen aus einem verkalkten Stiel, welcher in einen weichen, beweglichen Schlauch uebergeht. Dieser endet in einem dreigliedrigen Köpfchen, welches sich zangenartig öffnen und schliessen kann. Auch *Gracilechinus acutus* verfuegt ueber eine Laterne des Aristoteles als Kauapparat. Der Aufbau entspricht dem von *Echinus esculentus*.

Die Ansatzstellen der Muskeln an den entsprechenden Skelettplatten sind sehr gross (Abb. 4). Bei *Gracilechinus acutus* lässt sich der Verlauf des Darms als doppelt spiralig und als, ueber Mesenterien girlandenförmig an der Innenwand des Skeletts aufgehängt, beschreiben. Ausserdem liessen sich Verwachsungen des Darms mit sehr fetthaltigen Organen finden. Diese sind ebenfalls radiärsymmetrisch an der Innenwand des Skeletts aufgehängt und untereinander verbunden. Die Lage stimmt hier mit der der Gonopoden ueberein (Abb. 3).



Abb. 4: Die Laterne des Aristoteles (A) *E. esculentus* (B) *G. acutus* (C) freipräpariert, links *E. esculentus*; rechts *G. acutus* (D) Mundöffnung von *B. lyrifera*, Innenansicht.

Brissidae (Echinodermata – Echinoidea – Irregularia)

Brissopsis lyrifera (Forbes, 1841)

Brissopsis lyrifera gehört zu den irregulären Seeigeln und weist eine von den regulären Seeigeln abgewandelte Anatomie auf. Er verfügt über eine dorsoventral leicht abgeflachte, ovale Körperform mit einer Länge von 48 mm. Er ist 27 mm hoch und 40 mm breit. Die Pentamerie dieser Art, wenn auch nicht mehr radialsymmetrisch, lässt sich trotz dieser Abwandlungen erkennen (Abb. 1). Er besitzt eine rötlich, braune Färbung der Interambulacrallplatten mit weissen Stacheln. Ausserdem findet man eine dunkel rötlich gefärbte Struktur bestehend aus kleineren Pedicellarien und Stacheln, sowie einer gallertigen Substanz in Form einer Leier auf der Aboralseite (Abb. 1). Das Ambulacralsystem wurde zu verschiedenen Strukturen an verschiedenen Stellen des Körpers umgewandelt. Im aboralen Bereich finden sich zum Gasaustausch genutzte Struk-

turen des Ambulacralsystems und im Bereich des Afters und der Madreporenplatte sind zwei verschiedene Varianten von Ambulakralfueschen mit schirmchenartigen Verbreiterungen am distalen Ende des Schafts auffindbar (Abb. 5). Die Pedicellarien bestehen aus einem Stiel welcher in einem dreigliedrigen Kopf, der sich ähnlich einer Zange öffnen und schliessen lässt, endet. Die Mundöffnung befindet sich auf der oralen Seite des Tieres. Sie wird durch weiche Skelettplatten gebildet und verfügt an der Öffnung über kleine zahnartige Strukturen. Eine Laterne des Aristoteles ist nicht vorhanden. Kurz nach der Mundöffnung geht der Oesophagus in ein Caecum über. Hierbei handelt es sich um eine sackförmige Ausstülpung des Darms. Der Verlauf des Darms ist doppelt spiralförmig. Nach dem Caecum verläuft der über Mesenterien an der Innenwand des Skeletts aufgehängte Darm kreisförmig entlang des Skeletts. Nach einer fast vollständigen Umrundung schlägt der

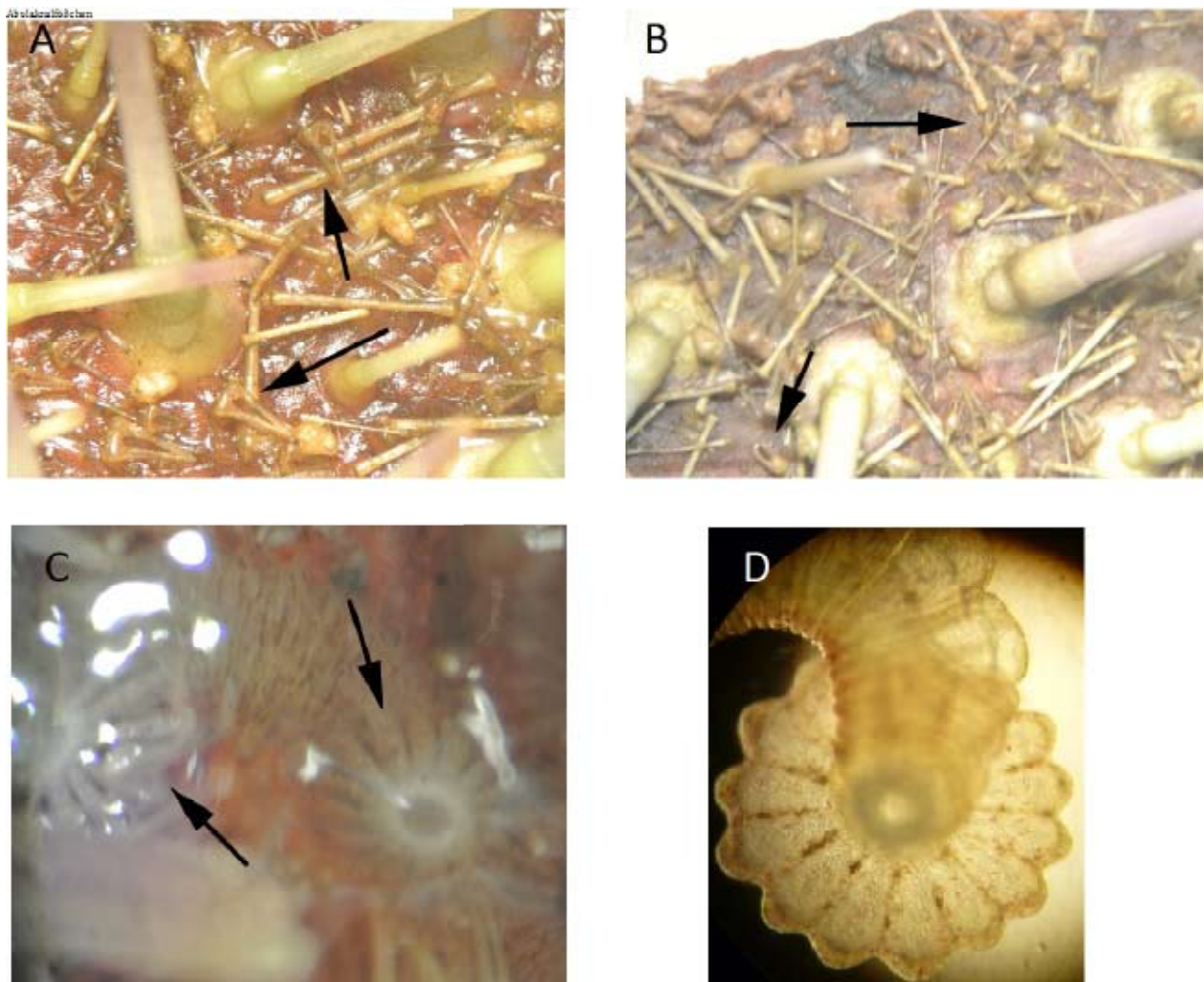


Abb. 5: Skelettelemente in Form von Stacheln und Pedicellarien (A) *E. esculentus* (B) *G. acutus* (C) Ambulakralfueschen von *B. lyrifera*.

Darm um und verläuft entlang der Innenwand wieder zurueck. Ab dieser Umschlagstelle ist die Darmwand anders aufgebaut. Bis dorthin war es möglich den Inhalt des Darms (Sediment) durch seine Farblose Wand zu sehen, danach ist dies aufgrund einer gelben Färbung nicht mehr möglich. Ausserdem erscheint die Darmwand ab diesem Punkt stabiler und reissfester. Nachdem der Darm dann um ca. $\frac{3}{4}$ der Innenwand zieht, verläuft er nach dorsomedial in Richtung des Afters, welcher sich weiter

posterior befindet. Interessant ist hier der Punkt, dass After und Madreporenplatte nicht an der gleichen Stelle des Körpers liegen. Die Madreporenplatte und die Ausführungsgänge der Gonaden (Abb. 3) befinden sich auf der gegenueberliegenden Seite der Mundöffnung. Allein der After ist nach posterior verlagert. *Brissopsis lyrifera* verfuegt ueber vier Gonaden. Diese sind an den vorderen vier Interambulakralplatten im Tier aufgehängt und nicht miteinander verbunden.

Diskussion

Die beiden zu den Echiniden gehörenden Arten *Echinus esculentus* und *Gracilechinus acutus* ähneln sich in vielen Aspekten. Unterschiede sind in der leicht abweichenden Form zu finden. *E. esculentus* ist eher globulär geformt während *G. acutus* leicht kegelig erscheint. Zusätzlich dazu sind die Stacheln bei *G. acutus* unterschiedlich lang. Wesentlich auffälligere Unterschiede finden sich in den Gonaden bzw. sehr fetthaltigen Strukturen. Diese sind bei *E. esculentus* nicht miteinander verbunden, ziehen sich aber bei *G. acutus* durch das gesamte Tier. Es ist ausserdem nicht klar in welchem Verhältniss beide Strukturen stehen, da sie bei den beiden Arten an den gleichen Stellen gefunden wurden. Eine mögliche Erklärung wäre die Speicherung von Fetten während sich die Tiere nicht in einer Phase der Fortpflanzung befinden. Somit könnte dies als Reserve dienen, sobald die Gonaden zum Einsatz kommen. Da keine hinreichenden Informationen ueber diese Strukturen bekannt sind, handelt es sich allerdings bei diesen Ueberlegungen um reine Mutmassungen.

Die Laterne des Aristoteles lässt bei beiden Arten keine wesentlichen Unterschiede erkennen. Die unterschiedliche Grösse ist wahrscheinlich auf die ebenfalls unterschiedliche Grösse der Tiere zurueck zu fuehren. Ein Unterschied im Aufbau der Laterne findet sich in den Ansatzstellen der Muskeln an den entsprechenden Skelettplatten (Abb. 4). Diese sind bei *G. acutus* wesentlich grösser als bei *E. esculentus*. Möglicherweise könnte man dies auf eine unterschiedliche Ernährung zurueckfuehren, wodurch *G. acutus* mehr

Kraft beim “Beissen” aufwenden koennte. Allerdings handelt es sich bei beiden Arten um die gleichen Muskeltypen (Ziegler et al. 2012) und stimmen somit wieder ueberein. Der Verlauf des Verdauungstraktes ist bei beiden Arten sehr ähnlich. Er stimmt damit mit vielen Arten innerhalb der Echinoidea ueberein (Ziegler et al., 2008)

Da die Ähnlichkeit beider regulärer Seeigelarten sehr gross ist und sie in die gleiche Gruppe geordnet werden (Ziegler et al., 2009), wird im Folgenden nur noch von Echiniden gesprochen und nur im Falle von Unterschieden eine differenzierte Betrachtung vorgenommen.

Im Vergleich mit den echiniden Arten findet man viele Unterschiede bei *B. lyrifera*. Der grösste und auffälligste Unterschied, welcher gleichzeitig auch alle anderen untersuchten Merkmale beeinflusst, findet sich in der sekundär entwickelten bilateralen Symmetrie der Irregularia (Ziegler et al., 2009). Ein weiterer Unterschied kann in dem bei *B. lyrifera* vorhandenen Caecum gesehen werden. Auch hier handelt es sich um ein Merkmal welches bei irregulären Seeiegeln auftritt (Ziegler et al., 2010). Interessant ist, dass nur der After im Tier verschoben wurde, nicht aber die Madreporenplatte oder die Ausführungsgänge der Gonaden. Diese liegen, wie auch bei den Echiniden gegenueber der Mundöffnung. Weiterhin finden sich bei *B. lyrifera* eine grössere Anzahl von Variationen der Ambulakralfuesschen. Dies lässt sich mit der im Sediment eingegrabenen Lebensweise erklären. Durch die Schirmchenstruktur wird das Sediment vom Körper fern gehalten und

der Wasserstrom, welcher am Tier entlang gestrudelt wird, kann freier fließen (Ruppert et al., 2004).

Zusammenfassend lassen sich einige morphologische Unterschiede der Echiniden und Irre-

gularia durch einen Vergleich der hier untersuchten Arten feststellen. Eine Einordnung in verschiedene Gruppen, wie sie auch in anderen Untersuchungen etabliert wurde (Littlewood et al., 1995) erscheint somit sinnvoll.

Literatur

- Afzelius, B.A.(1955): The ultrastructure of the nuclear membrane of the sea urchin oocyte as studied with the electron microscope. *Experimental Cell Research*, 8: 147 – 158
- Forster, G.R.(1959): The Ecology of *Echinus esculentus* L. Quantitative Distribution and Rate of Feeding. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 38: 361 - 367
- Littlewood, D.T.J. & Smith, A.B.(1995): A Combined Morphological and Molecular Phylogeny for Sea Urchins (Echinoidea: Echinodermata). *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 347: 213 – 234
- Ruppert, E.E., Fox, R.S. & Barnes, R.D.(2004): *Invertebrate Zoology A Functional Evolutionary Approach*, 7th edition: Thomson Learning Inc.
- Ryland, J.S. & Hayward, P.J.(1995): *Handbook of the Marine Fauna of North-West Europe*, first edition: Oxford University Press
- Wang, R.Z., Addadi, L. & Weiner, S.(1997): Design strategies of sea urchin teeth: structure, composition and micromechanical relations to function. *The Royal Society*, 352: 469 - 480
- Ziegler, A., Faber, F., Mueller, S. & Bartolomaeus, T.(2008): Systematic comparison and reconstruction of sea urchin (Echinoidea) internal anatomy: a novel approach using magnetic resonance imaging. *BMC Biology*, 6: 33
- Ziegler, A., Faber, C. & Bartolomaeus, T.(2009): Comparative morphology of the axial complex and interdependence of internal organ systems in sea urchins (Echinodermata: Echinoidea). *BMC Biology*, 6: 10
- Ziegler, A., Moor, R., Rolet, G. & De Ridder, C.(2010): Origin and evolutionary plasticity of the gastric caecum in sea urchins (Echinodermata: Echinoidea). *BMC Evolutionary Biology*, 10:313
- Ziegler, A., Schröder, L., Ogurreck, M., Faber, F. & Stach, T.(2012): Evolution of a Novel Muscle Design in Sea Urchins (Echinodermata: Echinoidea). *PLoS ONE* 7(5): e37520

Territorial intraspecific dominance behavior of the Shore crab (*Carcinus maenas*)

Friedrich Pfisterer; pfisterf@hu-berlin.de
Martin Quenkert; quenkerm@cms.hu-berlin.de

Abstract

The recent spreads of *Carcinus maenas* alongside parts of the worldwide shorelines indicate the importance of further experiments concerning the behavior of this invasive member of the family Portunidae. The natural habitat of these crabs ranges from open sand beaches and marshes to the preferred rocky coasts, which provide better protection and more accessible nutrients. In order to determine what factors influenced territorial behavior of *Carcinus maenas* we designed laboratory experiments. Each crab was provided with a small shelter and we investigated if and when a crab is able to defend its hideout. We examined the influence of sex, size, and starting position on the success rate. We discovered that the size had the main impact on the outcome of the struggle for shelter. Sex and starting position had minor impacts on the outcome of the experiments..

Einleitung

Der Wettstreit um verschiedenste Ressourcen ist bei allen Lebewesen eine Notwendigkeit um die eigene Existenz zu sichern. Unabhängig davon ist, ob es sich hierbei nun um Reviere, Nahrung, Fortpflanzungspartner oder eben um Verstecke vor Fressfeinden handelt. Um sich vor Prädation zu schützen und zum Buhlen um Fortpflanzungspartner, beziehen die Individuen von *Carcinus maenas* Zufluchtsstätten, welche sie in den felsigen Küstenabschnitten vorfinden. Ihr abgeflachter Körperbau erleichtert ihnen, in Spalten Schutz zu suchen. [1]

Dabei stellt sich die Frage welche Faktoren darüber entscheiden ob ein Individuum seine Zu-

flucht verteidigt oder diese einem Kontrahenten überlässt. In den nun vorgestellten Versuchen konkurrieren jeweils zwei Strandkrabben um ein höhlenartiges steinernes Versteck.

Für unseren Versuch formulierten wir folgende Hypothesen:

H0: Die Faktoren Größe, Geschlecht und Position zu Beginn des Experiments sind für den Kampf um Ressourcen nicht relevant.

H1: Der Größenunterschied ist relevant.

H2: Das Geschlecht ist relevant.

H3: Die Position ist relevant.

Material und Methoden

Es wurden zahlreiche Krabben der Spezies *Carcinus maenas* an der Küste des Gullmarsfjords nahe der Klubban-Forschungsstation der Universität Uppsala gefangen. Nach der Bestimmung der gesammelten Exemplare mittels Fachliteratur [3] wurden zehn Exemplare ausgewählt, welche in der Größenordnung von 25 bis 39 mm lagen (Tabelle 1). Die Breite wurde jeweils an der breitesten Stelle des Carapax gemessen. Die Versuchstiere wurden in separaten Becken und unter stetiger Zufuhr von Tiefenwasser gehalten. In einem weiteren Becken wurde aus 3 flachen Steinen wie in Abbildung 1 zu erkennen ein höhlenartiger Unterschlupf konstruiert.

Da Krustazeen eine teilweise recht komplexe Sozial-Dominanz-Hierarchie aufrechterhalten können, um ständige Konflikte zu vermeiden, wurden die Tiere möglichst lange getrennt, bevor sie zum Versuch herangezogen wurden. [2] Ziel war es diesen störenden Einfluss durch eine bestehende Rangfolge zu minimieren.

Für die Verhaltensversuche wurde jeweils ein Individuum in das Versuchsaquarium in den Höhleneingang gesetzt. Wenn das erste Tier sich im Unterschlupf niedergelassen hatte. Dies war bei den meisten Tieren nach spätestens zwei Minuten der Fall, bei einigen erst nach drei Minuten. Als Gewinner der folgenden

Tabelle 1 – Aufgenommene Daten und Maße der verwendeten Tiere

Tier	Geschlecht	Gewicht in Gramm	Breite* in Zentimetern
1	Weiblich	5,4	3
2	Weiblich	4,5	2,7
3	Männlich	8,6	3,4
4	Männlich	11,6	3,9
5	Weiblich	8,1	3,3
6	Weiblich	4,1	2,5
7	Männlich	4,7	2,7
8	Weiblich	8,8	3,5
9	Männlich	9,1	3,5
10	Männlich	10,5	3,6
Durchschnitt Weibchen		6,18	3
Durchschnitt Männchen		8,9	3,42

*Die Breite wurde jeweils an der breitesten Stelle des Carapax gemessen.

Interaktionen wird das Tier gewertet, welches die Höhle in Anspruch nimmt und den Kontrahenten verdrängt. Versuchsdurchläufe ohne klaren Gewinner wurden nicht gewertet und werden nicht in den folgenden Betrachtungen diskutiert.

Tabelle 2 – Versuchspaar-Tabelle

Geschlecht	Tier	w	w	m	m	w	w	m	w	m	m
w	1		X	X	X						
w	2	X		X	X						
m	3	X	X		X	X		X		X	X
m	4	X	X	X				X		X	X
w	5			X			X	X			
w	6				X	X		X	X		
m	7			X	X	X	X		X	X	X
w	8					X	X	X		X	X
m	9			X	X			X	X	X	X
m	10			X	X			X	X	X	

Ergebnisse

In allen Versuchen, die zur Auswertung heran gezogen wurden, kam es zu aggressiven Verhaltensweisen zwischen den Kontrahenten. Es wurden dabei unterschiedliche Verhaltensmuster beobachtet. Wenn der Höhlenbewohner dominanter war, verhielt er sich passiv oder ging auf den Angreifer los. Unterlegene Angreifer flüchteten teilweise sofort. War der Angreifer dominant, lief er direkt in die Höhle hinein, oder griff den Höhlenbewohner an. Sobald es zur Konfrontation kam, machten sich die Tiere so groß wie möglich und spreizten

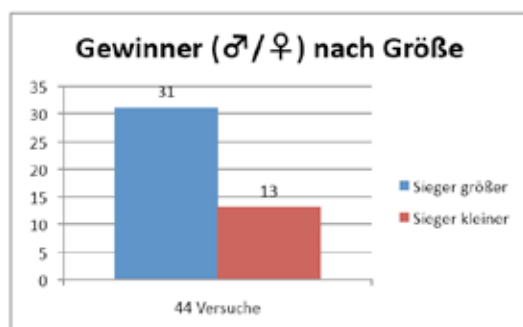


Abb. 2: ANZAHL DER SIEGE ALLER VERSUCHE NACH GRÖSSE.



Abb. 1: Versuchsaufbau.

In der folgenden Tabelle 2 sind die Paarungen mit einem X gekennzeichnet, welche im Versuchsdurchlauf getestet wurden. Die Versuche wurden mit jeweils zwei Männchen oder Weibchen und auch gemischt geschlechtlich durchgeführt. In Summe wurden 23 Paare zwei Mal untersucht, wobei die Rolle als Territoriums Besitzer beziehungsweise Eindringling jeweils getauscht wurde. Somit sind in der Tabelle 2 die 46 Teilversuchspaarungen aufgeführt. Die Abkürzung "w" bezeichnet hierbei Weibchen und "m" steht für männliche Tiere.

drohend ihr Scheren. Sie waren weniger erfolgreich darin, den Gegenspieler mit ihren Scheren zu zwicken und die meisten Kämpfe endeten damit, dass ein Tier, das andere aus der Höhle hinausschob.

Die Einflüsse der Parameter Größe, anfängliche Position und Geschlecht hatten unterschiedlich starken Einfluss auf den Ausgang des Versuchs.

Einflussfaktor Größe

Die Größe scheint am meisten Einfluss auf den Ausgang der Begegnung gehabt zu haben. Von 44 Versuchen mit beiden Geschlechtern dominierte bei 31 das größere Tier (siehe Abbildung 2).

Auch bei den gleichgeschlechtlichen Versuchen dominierten die größeren Tiere. Bei den Männchen gewann das größere Tier in 13 von 20 Fällen (Abbildung 5), bei den Weibchen in 4 von 6 Fällen (Abbildung 7). Bei den Versuchen bezüglich der Größe wurden alle Geschlechterkombinationen mit allen Positi-

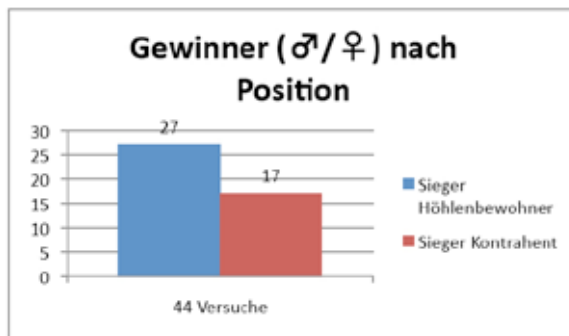


Abb. 3: ANZAHL DER SIEGE ALLER VERSUCHE NACH POSITION. Größere Tiere können sich signifikant häufiger gegen kleiner Artgenossen durchsetzen ($p < 0,05$, $n = 44$; chi-Quadrat-Test). Betrachtet man die Versuche an denen nur Männchen beteiligt waren (Abbildung 5), sind die Sieger in doppelt so vielen Fällen um mindestens 4mm größer als ihre unterlegenen Kontrahenten.

Einflussfaktor Position

Die Positionierung der Tiere hatte ebenfalls einen Einfluss auf den Ausgang der Versuche. Tiere, die in der Höhle saßen, dominierten die Begegnungen in 27 von 44 Fällen der gemischtgeschlechtlichen Versuche (siehe Abbildung 3). Bei den Versuchen mit männlichen Tieren setzten sich in 13 von 20 Fällen ebenfalls die Tiere in der Höhle gegen die Angreifer durch (siehe Abbildung 6). Allein bei den Versuchen mit rein weiblichen Versuchstieren dominierten in jeweils 3 Fällen die Tiere in der Höhle beziehungsweise die Angreifer (siehe Abbildung 8). Es wurden jedoch nur 6 Versuche mit rein weiblichen

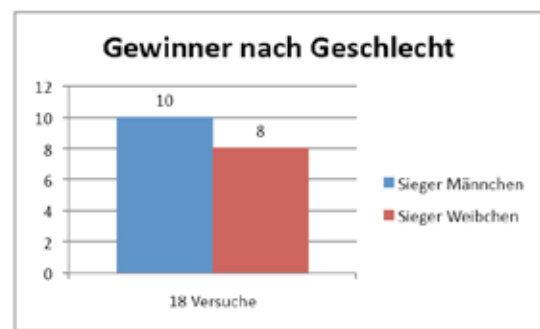


Abb. 4: ANZAHL DER SIEGE ALLER VERSUCHE NACH GESCHLECHT.

Kombinationen durchgeführt.

Betrachtet man den Einfluss der Startposition auf den Ausgang der Konfrontation für die Versuche, welche ausschließlich mit Männchen unternommen wurden, ergibt sich ein ähnliches Bild wie bei den gemischtgeschlechtlichen Versuchen. Bei den Männchen gewinnt in beinahe dreiviertel aller Fälle (13 von 20 Fällen), wie auch bei den gemischtgeschlechtlichen Versuchen (27 von 44 Fällen).

Einflussfaktor Geschlecht

Es wurden 18 Versuche mit gemischtgeschlechtlichen Kombinationen durchgeführt, von denen die Männchen in 10 Fällen dominierten (siehe Abbildung 4). Der Einfluss des Geschlechts ist somit weniger stark als die Größe und der Heimvorteil des Tieres in der Höhle.

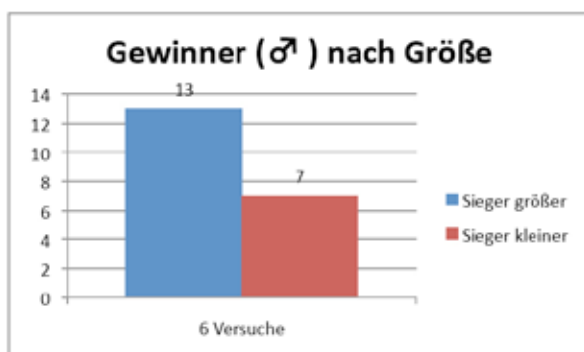


Abb. 5: ANZAHL DER SIEGE GLEICHGESCHLECHTLICHER VERSUCHE NACH GRÖSSE.

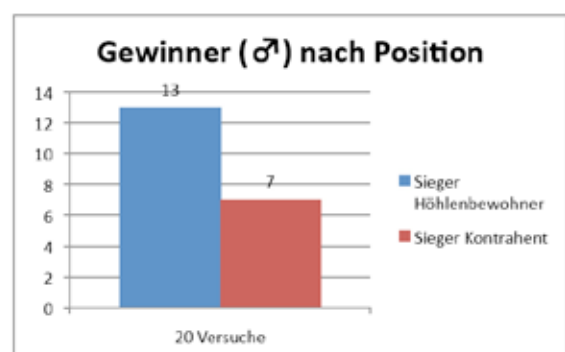


Abb. 6: ANZAHL DER SIEGE GLEICHGESCHLECHTLICHER VERSUCHE NACH POSITION.

Diskussion

Das Ziel des Versuchs war es, die Einflüsse von Größe, Geschlecht und Position der Kontrahenten auf den Ausgang des jeweiligen Experiments zu untersuchen. Größere Tiere dominierten die Konfrontationen deutlich häufiger (siehe Abbildungen 2, 5 und 7). Es wurde versucht, möglichst gleich große Tiere zu verwenden, jedoch unterschieden sich die Tiere in den Versuchen in Bezug auf ihre Größe um bis zu 1,2 Zentimeter.

Die Position der Kontrahenten spielte ebenfalls eine Rolle. Es zeigte sich, dass Individuen, welche die Höhle bereits besetzt hatten gewillt schienen, sie auch zu verteidigen. Sie setzten sich häufiger gegen Angreifer durch (siehe Abbildungen 3 und 6). Allein bei rein weiblichen Kombinationen schien die Position der Kontrahenten keine Rolle zu spielen (siehe Abbildung 8). Es konnte keine verstärkte Rivalität oder erhöhte Aggression bei rein männlichen Versuchen gegenüber rein weiblichen Versuchen entdeckt werden.

Aussagen darüber ob Männchen über Weibchen im Allgemeinen dominieren wird dadurch relativiert, dass die Männchen im Durchschnitt um 1,72 g schwerer und um 0,42 cm breiter als die Weibchen waren (siehe Abbildung 1). Die Ergebnisse von Abbildung 4 könnten demnach ebenfalls auf den Größenunterschied zurückzuführen sein.

Nur für die Größe bezogen auf alle Tiere wurde bei den Versuchen ein signifikanter Wert erreicht, sie ist somit ein verlässlicher Indikator für Vorhersagen über den Ausgang einer Auseinandersetzung um eine wichtige Ressource.

Die H0 Hypothese: „Die Faktoren Größe, Geschlecht und Position zu Beginn des Experiments sind für den Kampf um Ressourcen nicht relevant“ kann verworfen werden da alle untersuchten Faktoren mehr oder weniger große Einflüsse auf die Experimente hatten.

Die H1 Hypothese: „Der Größenunterschied ist relevant“ kann angenommen werden. Die Ergebnisse hierzu sind statistisch signifikant.

Die H2 Hypothese: „Das Geschlecht ist relevant“ wird in unserem Fall abgelehnt, da keine Signifikanz erreicht wurde. Ein größerer Stichprobenumfang hätte hier zu einem anderen Ergebnis führen können.

Die H3 Hypothese: „Die Position ist relevant“ wird hier ebenfalls verworfen, da auch hier keine Signifikanz erreicht wurde.

Bei zwei gemischtgeschlechtlichen Versuchen kam es zur Paarung. Die Versuche wurden jedoch nicht gewertet, da die Kontrolle über die Höhle zweitrangig schien. Es ist jedoch anzumerken, dass bei beiden Paarungen, das Männchen größer war als das Weibchen und auch jeweils das Männchen die Position in der Höhle innehatte. Es lässt sich jedoch darüber spekulieren, inwiefern die Kontrolle über eine Höhle Einfluss auf eine erfolgreiche Paarung für das Männchen hat, da sie nur verhältnismäßig selten auftrat.

Erkenntnisse von Sneddon, et al. zeigten des Weiteren, dass die Größe der Scheren eine noch entscheidenderen Einfluss auf den Er-

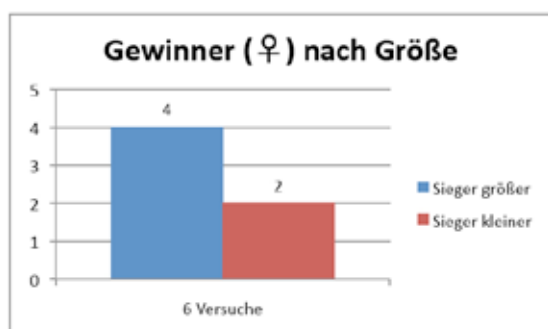


Abb. 7: ANZAHL DER SIEGE GLEICHGESCHLECHTLICHER VERSUCHE NACH GRÖSSE.

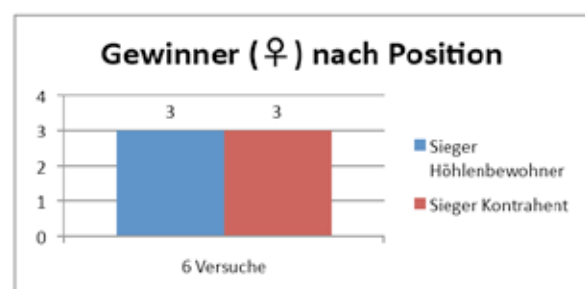


Abb. 8: ANZAHL SIEGE GLEICHGESCHLECHTLICHER VERSUCHE NACH POSITION.

folg einer Konfrontation hatte als die Breite des Carapaxes. [4] Diesem Gedanken folgend könnte man den Versuch noch erweitern und die Fläche der Scheren als Faktor aufnehmen.

Außerdem wurde bei der Auswertung der Daten nur die gemessene Größe (Breite des

Carapax) und nicht das Gewicht der Tiere berücksichtigt. Da der Faktor Größe sich aus Breite, Länge, Gewicht und weiteren Eigenschaften zusammensetzen lässt, können hier noch weitere Untersuchungen durchgeführt werden.

Literatur

[1] Christiansen M. E., (1969). Decapoda BRACHYURA. Universitets Forlaget. 51

[2] Nelson A. J., (2005). Biology of Aggression. Published to Oxford Scholarship Online: May 2009 part I, kap. 3 Edwards D. H., Herberholz J., „Crustacean Models of Aggression“

[3] Hayward P. J., Ryland J. S., (1995). Handbook of the Marine Fauna of North-West Europe. New York: Oxford University Press. 800p.

[4] Sneddon, L.U., Huntingford, F.A. & Taylor A.C. (1997). Weapon size versus body size as a predictor of winning in fights between shore crabs, *Carcinus maenas* (L.). Behav Ecol Sociobiol, 41: 237-242.

Differences of the phyto- and zooplakton population in water samples taken from two different depths in the Gullmarsfjord

Anke Vollertsen; Anke.Vollertsen@t-online.de
Laura Zeugner; laura.e.zeugner@web.de
.de

Abstract

This field study examines the differences in phyto- and zooplankton in different depths in the water body of the Gullmarfjord. The Fjord is located at the west coast of Sweden and is fed by the waters of the Skagerrak, the Kattegat and the Baltic Sea. These waters create three layers of defined and different salinity (Vergara-Soto et al., 2010). This work focuses on the different types of plankton in the neritic layer and the first layer beneath the discontinuity layer and endeavours to count the amount of species and individuals in a sample volume of 10 l each. Many different species could be found, identified and photographed. It emerged that the amount of plankton in the surface water was considerably higher than beneath the halocline, but not of huge difference concerning the species found. The only species that could be found exclusively in the deep layer were larvae of *Terebratulina retusa*. Due to the common plankton blooms in autumn it was neither surprising to find high amounts of phytoplankton, such as *Asterionellopsis glacialis* or *Chaetocerus decipiens* and *Coscinodiscus* sp. nor to find accordingly high amounts of first consumers, such as copepods and other crustaceans. An unexpectedly high amount of plastic fibres was found in the deep layer, which was presumably led into the fjord from the Baltic Sea and could pose a threat to invertebrates.

Einleitung

Seit mehr als 100 Jahren wird im Gullmarfjord und den angrenzenden Gewässern in Schweden meeresbiologisch geforscht und schon vor fast 30 Jahren starteten Forschungsprogramme, die sich mit der Bestimmung der primären Phytoplanktonproduktion befassten (Lindahl et al., 2009). In den Studien wurde ermittelt, dass es insbesondere im Frühjahr und im Herbst zu Planktonblüten kommt und es in den Sommermonaten einen nicht unerheblichen Eintrag von Nährstoffen geben muss. Es wurde vorgeschlagen, dass es eine Verbindung zwischen den nordatlantischen Oszillationen, also den Schwankungen der Druckverhältnisse, dem Zustrom von Nährstoffen aus dem Skagerrak, Kattegat, und der Ostsee, dem Wind und der Primärproduktion im Gullmarfjord gibt, die aber auch klimatischen Einflüssen unterliegt. Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, liegt der Gullmarfjord an der schwedischen Westküste des Skagerraks, etwa 100 km nördlich von Göteborg. Durch die Schwelle zum Skagerrak ist er der einzige richtige Fjord Schwedens und er erreicht an seiner tiefsten Stelle 120 m. Durch die Mee-

resströmungen erreichen den Gullmarfjord Wassermassen aus dem Kattegat/ Ostsee und Skagerrak und der Nordsee (Lindahl et al., 2009). Der Wasserkörper ist stratifiziert in drei Schichten, die jeweils unterschiedlichen Ursprungs sind und daher auch verschiedene Salinitäten aufweisen. Die unterste Schicht ab einer Tiefe von 50 m mit einer Salinität von >34 PSU (Practical Salinity Units) wird aus der Nordsee gespeist. Die mittlere Schicht von etwa 20-50 m beinhaltet Wasser aus dem Skagerrak und zeichnet sich durch eine Salinität von 31 bis 33 PSU aus. Das Wasser der obersten Schicht kommt aus der Ostsee und besitzt eine Salinität von <30 PSU, die allerdings starken Schwankungen durch den Zustrom von Wasser aus dem Skagerrak und Kattegat und auch dem Eintrag von Oberflächenwasser, wie Regenwasser, unterliegt (Lindahl & Hernroth, 1983)(siehe Abbildung 2). Die Schichtung wird sowohl durch die Winde beeinflusst, so können sie z.B. durch die Herbststürme wieder durchmischt werden, als auch durch Änderungen von Hoch- und Tiefdruckgebieten, die den Einstrom von Was-

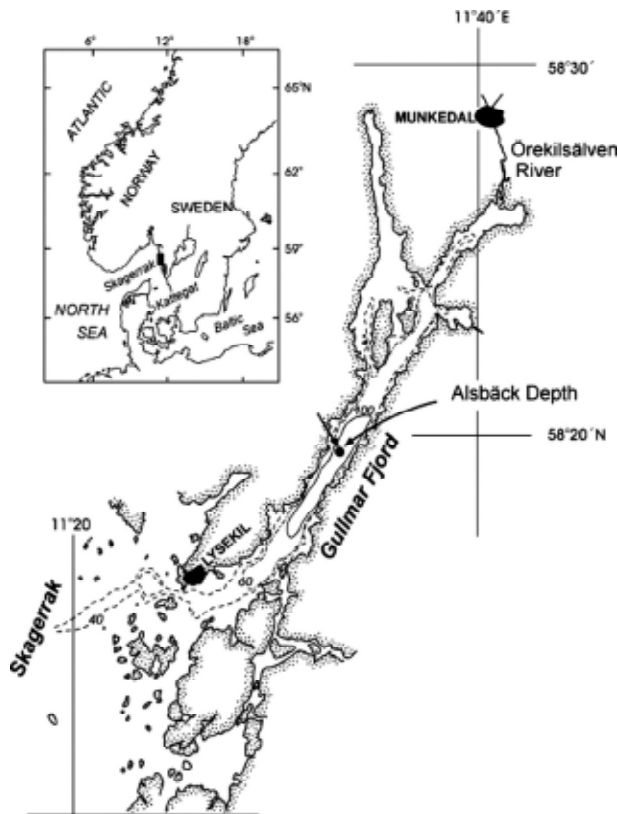


Abb. 1. Der Gullmarsfjord: Schwedens einziger echter Fjord.

Material und Methoden

Forschungsort

Die Forschungsarbeit wurde an der Klubban biologiska station in Fiskebäckskil am Gullmarsfjord an der Westküste Schwedens durchgeführt. Der Fjord ist 28 km lang, 1-2 km breit und hat eine maximale Tiefe von 120 m. Die Wassersäule setzt sich aus drei Schichten mit unterschiedlichem Salzgehalt zusammen; die oberste Schicht reicht bis etwa 20 m in die Tiefe und weist eine Salinität zwischen 15 und 27 PSU auf. Die mittlere Schicht liegt zwischen 20 und 50 m Tiefe und hat einen höheren Salzgehalt,

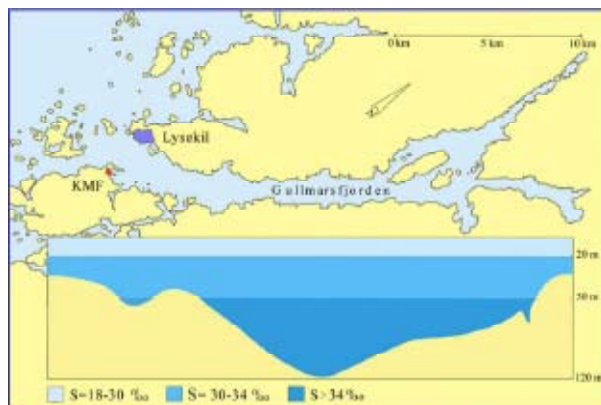


Abb. 2. Tiefenprofil und die drei Wasserschichten des Gullmarsfjords mit ihrer unterschiedlichen Salinität im Längsschnitt (Lindahl et al., 2009).

ser aus wahlweise der Ost- oder Nordsee in den Fjord bestimmen. Der Gullmarfjord wird kaum durch den Zustrom von industriellen Abwässern verunreinigt, was ihn im besonderen Maße zu einem guten Forschungsobjekt für die marine Biologie macht (Lindahl et al., 2009). Durch die Schwelle zum Skagerrak bilden sich schon in den 120 m Tiefe Bedingungen heraus, wie sie sonst nur in der Tiefsee zu finden sind. Da sich die Bedingungen in den drei Schichten unterscheiden, wurde in der vorliegenden Arbeit die Verbreitung von Phyto- und Zooplankton in der oberen und mittleren Schicht des Gullmarfjords untersucht und miteinander verglichen.

Auf Grund der beginnenden Herbststürme war die zwischen Mai und September bestehende Thermokline in einer Tiefe von 15 – 20 m schon nicht mehr existent und damit für die Versuche vernachlässigbar

welcher zwischen 32 und 34 PSU liegt (Vergara-Soto et al., 2010).

Probenentnahme

Es wurden am 30.09.13 und 01.10.13 jeweils 10 l an Wasserproben aus der oberen und der mittleren Schicht dem Fjord entnommen. Beide Probenentnahmen fanden gegen 11 Uhr vormittags an aufeinanderfolgenden Tagen statt. Die Salinität und Temperatur des Wassers wurde an den beiden Standorten mit einem Salinometer bestimmt.

Um die Probe aus 45 m Tiefe zu entnehmen, wurde mit einem Ruderboot nach 58°15.736' N, 11°27.880' E gefahren und fünfmal Wasser mit einem 2 l-Wasserprobennehmer in einen Eimer gefüllt. Die Probe wurde anschließend durch einen Filtersatz, bestehend aus drei Filtern mit unterschiedlicher Porengröße (500 µm, 200 µm und 50 µm), filtriert. Das Plankton wurde mit einer Spritzflasche aus den jeweiligen Filtern gespült und in einem Behälter pro Größenbereich gesammelt. Die Organismen wurden durch eine Lösung mit 4%igem Formaldehyd fixiert. Nach 1-2 h wurde die Formaldehydlösung durch den 50 µm Filter ausgespült. Die fixierten Plankton-Proben wurden

jeweils in 20-30 ml des filtrierten Probenwassers suspendiert.

Die Probe aus der oberen Schicht wurde mit einem 10 l Eimer bei 58°15.070' N, 11°27.850' E vom Pier aus am Hafenbecken aus der Wasseroberfläche entnommen. Diese wurde gemäß dem oben beschriebenen Prinzip anschließend filtriert und fixiert.

Auswertung der Proben

Das Plankton in jeder Probe wurde unter einem Bino-kular ausgezählt. Dazu wurden 2 ml in eine mit einem Zählgitter markierte Petrischale gefüllt. Anschließend wurde das Zoo- und Phytoplankton mit einer Glas-pipette auf einem Objektträger gesammelt und unter dem Mikroskop bei 100-facher bzw. 200-facher Ver-

größerung betrachtet und mittels einer Digitalkamera fotografiert, deren Zoom auch zusätzlich verwendet wurde. Die verschiedenen Arten wurden mithilfe der Referenzliteratur (Larink & Westheide, 2006; Larink & Westheide, 2011; Todd et al., 1996; Newell, 1963) bestimmt. Die Proben aus 45 m Tiefe mit den Größenbereichen für Organismen $>500 \mu\text{m}$ und $200-500 \mu\text{m}$ wurden auf diese Weise vollständig ausgezählt. Für die Auswertung der Probe mit Plankton im Größenbereich $50-200 \mu\text{m}$ wurden insgesamt 10 ml betrachtet, was einem Gesamtprobenvolumen von 5 l entspricht. Aus den Wasseroberflächenproben wurde nur die Probe mit Plankton $>500 \mu\text{m}$ vollständig ausgezählt. Zur Auswertung der Planktonproben in den beiden anderen Größenbereichen wurden jeweils insgesamt 4 ml entnommen, was einem Gesamtprobenvolumen von jeweils 2 l entspricht.

Ergebnisse

Die Häufigkeiten der gefundenen Spezies sind in Tabelle 1 zusammengefasst und vergleichend in Diagramm 1 dargestellt. Oberhalb der Sprungschicht, wurden fünf bis 13 mal so viele Organismen gefunden wie unterhalb der Halokline. Das meiste Plankton wurde in der Probe aus 30 cm Tiefe im Größenbereich zwi-

schen 50 und $200 \mu\text{m}$ gezählt. Hochgerechnet auf 10 l waren in dieser Probe annähernd 2000 Organismen vorhanden. In der Probe aus 45 m Tiefe dagegen waren im selben Volumen nur etwa 150 Organismen zu beobachten.

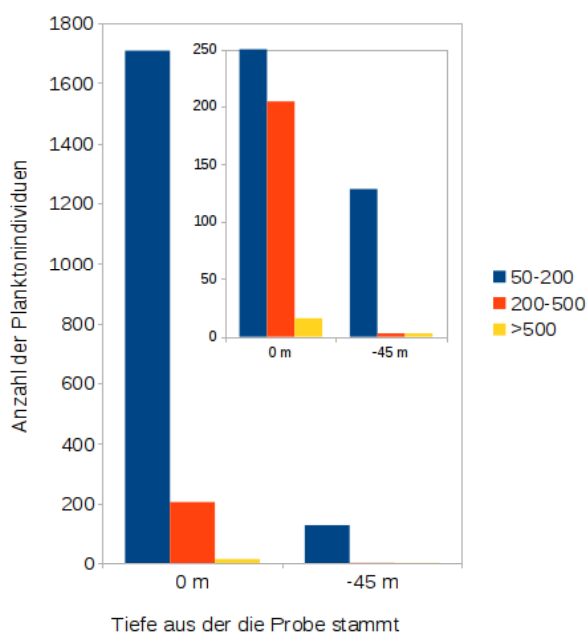


Diagramm 1. Häufigkeitsverteilung der gezählten Planktonorganismen in den zwei Wassertiefen sortiert nach den Größenbereichen der Maschen. Der Ausschnitt verdeutlicht das Häufigkeitsverhältnis der Proben mit einer geringen Anzahl an Planktonindividuen, ohne dabei das Plankton der Oberflächenprobe im Größenbereich 50 – $200 \mu\text{m}$ vollständig zu berücksichtigen.

In allen Proben war das Phytoplankton *Asterionellopsis glacialis* (Abbildung 3C) in großer Anzahl vorhanden. Im Größenbereich 50 bis $200 \mu\text{m}$ wurden bei beiden Salinitäten Vertreter der Dinoflagellata (Abbildung 3B), Bivalvia (vermutlich *Cerastoderma edule*, Abbildung 6C) und Naupliuslarven der Crustacea (Abbildung 6B) häufig gezählt. Nur oberhalb der Sprungschicht wurde das Manteltierchen *Oikopleura dioica* (Abbildung 3D) und in geringer Anzahl der Pfeilwurm *Sagitta* (Abbildung 3A) beobachtet. Die Brachiopodenlarve *Terebratulina retusa* (Abbildung 6A) dagegen war nur in der Probe aus 45 m Tiefe vorhanden.

Die erhöhte Vielfalt des größeren Zooplanktons ($> 200 \mu\text{m}$) oberhalb der Sprungschicht ist ebenfalls anhand der Proben zu bemerken. Es wurden unter anderem *Lineus albocinctus* (Abbildung 4A), Hydrozoa (Abbildung 4B), *Podon leuckarti* (Abbildung 5A) und *Membranipora* (Abbildung 5B) bestimmt. In der Tiefwasserprobe dagegen wurden nur Vertreter aus drei unterschiedlichen Phyla gefunden.

Tabelle 1. Ergebnisse der Auszählung des Planktons verschiedener Größen aus dem Oberflächenwasser und Wasser unterhalb der Sprungschicht in 45 m Tiefe.

	Wassertiefe [m]	-0,3			-45		
	Salinität [‰ S]	23,4			43,2		
	Temperatur [°C]	11,6			15		
	Uhrzeit	~ 11 Uhr			~ 11 Uhr		
	Maschengröße [µm]	50-200	200-500	>500	50-200	200-500	>500
	Probenvolumen [l]	10	10	10	10	10	10
PHYTOPLANKTON:		Anzahl					
Bacillariophyta, Diatomeae (Kieselalgen)							
	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	sehr viele	sehr viele	sehr viele	einige	einige	einige
	<i>Chaetoceros</i> sp.	viele	?		2		
	<i>Coscinodiscus</i> sp.	180			36		
	<i>Thalassiosira</i> sp.	65					
	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> complex	viele					
	<i>Nitzschia longissima</i>	25					
Dinoflagellata (Dinoflagellaten)							
	<i>Ceratium</i> sp.	515					
	<i>Ceratium tripos</i>	355	7		4		
	<i>Ceratium furca</i>	315					
	<i>Ceratium horridum</i> , <i>Ceratium paviloides</i>	45	7				
	<i>Protoperidinium depressum</i>	135					
ZOOPLANKTON:							
Radiolaria (Strahlentierchen)							
	<i>Acanthometra</i> sp.	5			2		
Spirotrachea: Tintinna (Tintinnen)							
	<i>Favella ehrenbergi</i>	25					
	<i>Eutimninus</i> sp.	5					
	<i>Psychocystis umula</i>	5					
Cnidaria (Nesseltiere): Hydrozoa				2			
Nemertea (Schnurwürmer)							
	<i>Lineus albocinctus</i>		3				
	<i>Cephalothrix</i> sp.		3				
Mollusca (Schnecken)							
	<i>Limacina retroversa</i>			6		1	1
	<i>Lamellaria</i> sp.	30	10				
	<i>Cerastoderma edule</i> , <i>Spisula</i> sp.	115			30		
Annelida: Polychaeta (Borstentwürmer)							
Crustacea (Krebse)							
	<i>Cyclopoid nauplius</i>	805	17		24		
Branchiopoda, Cladocera (Wasserflöhe)							
	<i>Evadne nordmanni</i>		3				
	<i>Podon leuckarti</i>			1			
	<i>Penilia avirostris</i>		3	1			
Copepoda (Ruderfußkrebse)		655	150		64		
unter anderem:				2		2	
	<i>Acartia clausi</i>						
	<i>Calanus</i> sp.						
	<i>Oithona helgolandica</i>						
	<i>Oncaea</i> sp.						
	<i>Centropages</i> sp.						1
Cirripedia (Rankenfüßer)							
	<i>Barnacle, exuvia</i>			1			
Decapoda (Zehnfüßer)							
	<i>Mysis</i> sp.		1	3			
Bryzoa (Moostierchen)							
	<i>Membranipora</i> sp.						1
Brachiopoda (Armfüßer)							
	<i>Terebratulina retusa</i>				8		
Chaetognatha (Pfeilwürmer)							
	<i>Sagitta</i> sp.	5	3				
Echinodermata (Stachelhäuter): Ophiuroidea (Schlangensterne)							
	<i>Ophiura albida</i> , <i>pluteus</i>		3				
Tunicata (Manteltierchen)							
	<i>Oikopleura dioica</i>	60	7				

Mit einer Anzahl von drei hatten Copepoden das höchste Vorkommen. Ausschließlich in dieser Probe wurde der Copepod *Centropages* (Abbildung 7) beobachtet.

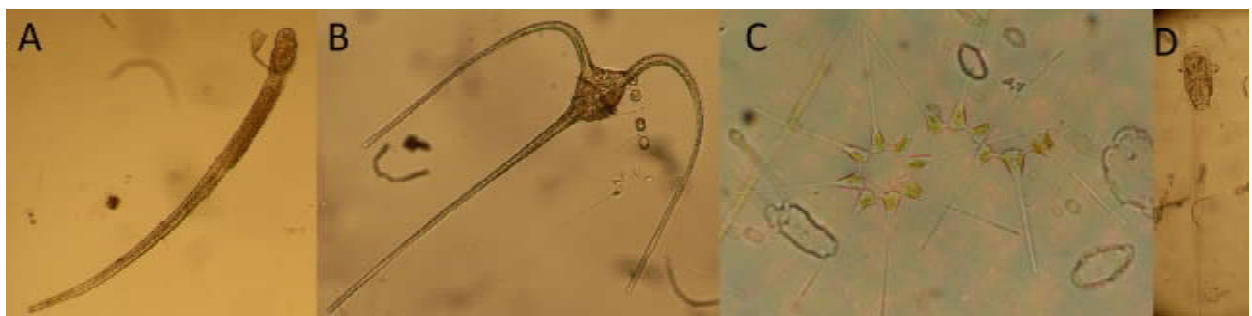


Abb. 3. Planktonvertreter aus 0 m Tiefe, Maschenweite: 50 µm, Mikroskopische Aufnahmen mit 200-facher Vergrößerung + optischer Zoom der Kamera: A: *Sagitta*, ein Pfeilwurm, B: Dinoflagellat: *Ceratium horridum*, C: *Asterionellopsis glacialis*, D: *Oikopleura dioica*.

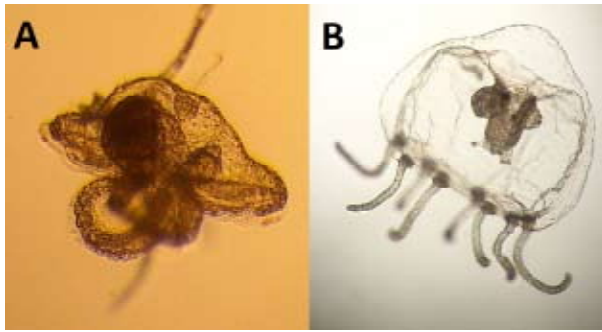


Abb. 4. Planktonvertreter aus 0 m Tiefe, Maschenweite: 200 μ m, Mikroskopische Aufnahmen mit 200-facher Vergrößerung + optischer Zoom der Kamera: A: *Lineus albocinctus*, B: Hydrozo.

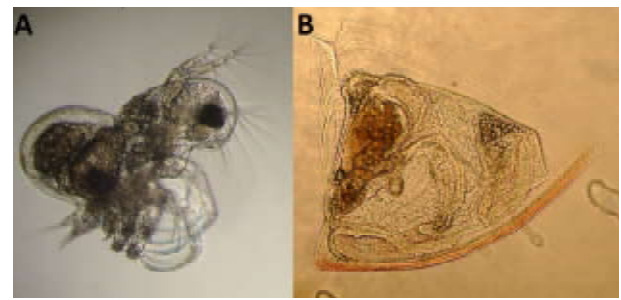


Abb. 5. Planktonvertreter aus 0 m Tiefe, Maschenweite: 500 μ m, Mikroskopische Aufnahmen mit 100-facher Vergrößerung + optischer Zoom der Kamera: A: *Podon Leuckarti*, B: *Membranipora* sp.

Diskussion

Der Jahreszeit entsprechend konnte eine hohe Planktondichte erwartet werden. Die untersuchten Wasserproben enthielten entsprechend in der oberen, dem Licht stärker exponierten Wasserschicht sehr viele Primärproduzenten (Phytoplankton) und primäre Konsumenten (Zooplankton). Unterhalb der Halokline konnte wahrscheinlich auf Grund der geringeren Lichteinstrahlung und der erhöhten Salinität deutlich weniger Phytoplankton und damit einhergehend auch weniger Zooplankton gefunden werden.

Laut Lindahl und Hernroth (Lindahl & Hernroth, 1983) sind die enormen Vorkommen z.B. der Dinoflagellaten während der Herbstplanktonblüte durchaus zu erwarten, diese hohe Biomasse bedingt gleichermaßen die hohe Anzahl von Primärkonsumenten, wie Copepoden in den untersuchten Planktonproben. Laut eines Papers von Vergara-Soto et al. (Vergara-Soto et al., 2010) hätten eigentlich deutlich mehr Individuen des Pfeilwurms

Sagitta erwartet werden können. Es wurden allerdings sowohl in den für diese Arbeit entnommenen Wasserproben, als auch in anderen, während der Exkursion durchgeführten Planktonuntersuchungen nur einzelne Individuen dieser Gruppe gefunden. Da der pfeilartige Körperbau dem Wasser nur einen geringen Widerstand entgegengesetzt und sie seitlich am Körper Flossen besitzen, die in Fluchtsituationen abrupte Bewegungen ermöglichen, konnten sie eventuell beim Nehmen der Wasserproben dem Probenvolumen entkommen (Beck, 2013).

Die Genauigkeit der Planktonauszählung lässt sich kritisch hinterfragen, da auf Grund des vorgegebenen Zeitrahmens nicht alle Proben komplett ausgezählt werden konnten und die Individuenanzahl pro Spezies teilweise auf das Probenvolumen von 10 l hochgerechnet wurde. Zudem ist von einem Lerneffekt der Experimentatoren während der Untersuchungen auszugehen. Ferner wurde pro Tiefe



Abb. 6. Planktonvertreter aus -45 m Tiefe, Maschenweite: 50 μ m, Mikroskopische Aufnahmen mit 200-facher Vergrößerung + optischer Zoom der Kamera: A: *Terebratulina retusa*, B: *Cyclopoid nauplius*, C: *Cerastoderma edule*.



Abb. 7. Planktonvertreter aus -45 m Tiefe, Maschenweite: 200 μ m, Mikroskopische Aufnahmen mit 200-facher Vergrößerung + optischer Zoom der Kamera: *Acartia clausi*.

nur ein relativ geringes Probenvolumen von 10 l untersucht. Ein größeres Probenvolumen hätte die statistische Auswertbarkeit noch weiter verbessern können. Dennoch lassen sich auch schon bei diesem Untersuchungsvolumen deutliche Unterschiede in den Individuenanzahlen und der vermutete Trend bezüglich der Verteilungen erkennen. Für eine bessere Vergleichbarkeit der Proben wäre es allerdings sinnvoll an genau dem gleichen Standort das Tiefenwasser und die Oberflächenprobe zu entnehmen. Da dem Ruderboot kein Anker zur Verfügung stand und das Boot schnell abgetrieben wurde, konnte der Standort für die fünf Wasserprobenentnahmen nur grob eingehalten werden. Die Wasserprobe der oberflächennahen Schicht wurde zudem vom Pier aus am Hafenbecken entnommen und war somit weit von dem anderen Probenentnahmestandort entfernt.

Perspektivisch wäre es durchaus interessant die Untersuchungen auf verschiedene Standorte und Uhrzeiten auszuweiten, da sich das Plankton abhängig von der Tageszeit, bzw.

genauer, der Lichteinstrahlung, vertikal durch die Wassersäule bewegt und somit davon auszugehen ist in den untersuchten Tiefen zu verschiedenen Tageszeiten deutlich verschiedene Vertreter des Planktons finden zu können. Dabei stellt die Sprungschicht zur oberflächennahen Schicht durch die unterschiedliche Salinität eine Barriere für die Vertikalwanderung der in den Tiefen vorkommenden Planktonarten dar. Das im Oberflächenwasser lebende Phyto- und Zooplankton kann sich wiederum durch die Halokline hindurch bewegen, da sie gegenüber Schwankungen in der Salinität toleranter sind. Entgegen den hieraus erwachsenen Erwartungen konnte mit den wenigen Individuen von *Terebratulina retusa* nur eine Art in der Probe aus 45 m Tiefe gefunden werden, die nicht auch in der oberflächennahen Wasserprobe gefunden wurde. Bei *Terebratulina retusa* handelt es sich zudem um eine sublittoral, nur in 15 m bis >1500 m Tiefe lebende Brachiopode, weshalb es nicht verwunderlich ist, dass die zugehörigen Larven auch nur in dieser tieferen Wasserschicht zu finden waren (*T. retusa*). Kritisch ist außerdem zu bewerten, dass in der aus 45 m Tiefe stammenden 10 l-Wasserprobe im Gegensatz zu der oberflächennahen Probe ein enormer Anteil an Kunstfasern zu finden war. Da diese Schicht hauptsächlich von dem Skagerrak gespeist wird, kann man davon ausgehen, dass durch diesen Zufluss auch andere Verunreinigungen in den Gullmarsfjord eingetragen werden, was in der Zukunft durchaus ein Problem für die zur Zeit noch sehr gute Wasserqualität des Gullmarsfjords bedeuten kann und somit auch Auswirkungen auf die Planktonpopulationen haben könnte (Lindahl et al., 2009). Die Kunststoffpartikel sind wahrscheinlich größtenteils auf Verunreinigungen durch den Abrieb von Kleidung, Seilen und Verpackungen im näheren Umkreis des Gewässers zurückzuführen (Thompson et al., 2007).

Insbesondere für Invertebraten stellt diese Verschmutzung eine Bedrohung dar. Eine von KIMO (Kommunenenes Internasjonale Miljøorganisasjon) Schweden beauftragte Pilotstudie, die von N-Research durchgeführt wurde (Norén, 2007), bestätigt die deutliche Belastung mit Kunststofffasern im Gullmarsfjord

und weist darauf hin, dass sie insbesondere für filtrierende Invertebraten eine Gefahr darstellt. Sie empfehlen weitere Studien, die die Entwicklung dieser Verschmutzung im Auge behalten sollten. Eine weitere Studie geht noch ein Stück weiter und betont, dass durch die Langlebigkeit von Plastik und der nicht nachhaltige Umgang mit diesem Werkstoff

zu einer weitergehenden Verschmutzung mit der Zeit führen wird und Methoden zur Quantifizierung der unterschiedlich kleinen Plastikpartikel entwickelt werden müssen. Außerdem müsse untersucht werden, inwiefern die Kunststoffe giftige Substanzen abgeben, die sich mit der Zeit auch in der Nahrungskette anreichern könnten (Thompson et al., 2007).

Literatur

Abb1: <http://sp.lyellcollection.org/content/344/1/75/F1.large.jpg>

Beck, E. Prof. Dr. Dr. h. c. (2013): Die Vielfalt des Lebens, Weinheim, Wiley-VHC Verlag

Hayward, P.J., Ryland, J.S. (1995): Handbook of the Marine Fauna of North-West Europe, New York: Oxford University Press

Larink, O. & Westheide, W. (2011): Coastal Plankton – Photo guide for European seas, 2nd ed., München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil

Lindahl, O., Hernroth, L. (1983): Phyto-Zooplankton Community in Coastal Waters of Western Sweden - An Ecosystem Off Balance? MARINE ECOLOGY - PROGRESS SERIES, 10: S. 119-126.

Lindahl, O., Andersson, L., Belgrano, A. (2009): Primary phytoplankton productivity in the Gullmar Fjord, Sweden - An evaluation of the 1985 – 2008 time series, report 6306, The Swedish Environmental Protection Agency, Naturvårdsverket

Larink, O. & Westheide, W. (2006): Coastal Plankton – Photo guide for European seas, München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil

Newell, G.E. & E.C (1963): Marine Plankton A practical guide, London: Hutchinson Educational LTD

Norén, Dr. F. (2007): Small plastic particles in Coastal Swedish waters. Study by N-Research for KIMO Sweden

Todd, C.D., Laverack, M.S., Boxshall, G.A. (1996): Coastal Marine Zooplankton – a practical manual for students, 2nd ed. London: Cambridge University Press

Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S.J., John, A. W. G., McGonigle, D. & Russell, A.E. (2004): Lost at sea: Where is all the plastic? Science 304:838.

T.retusa: <http://www.marlin.ac.uk/speciesinformation.php?speciesID=4444> [11 Uhr, 03.10.13]

Vergara-Soto, O., Calliari, D., Tiselius, P., Escibano, R., González, M. L., Soto-Mendoza, S. (2010): Functional response of *Sagitta setosa* (Chaetognatha) and *Mnemiopsis leidyi* (Ctenophora) under variable food concentration in the Gullmar fjord, Sweden. Revista de biología marina y oceanografía, 45(1), 35-42

Biomassen-Spektrum im Gullmarfjord – Eine Methode, zur Analyse eines strandnahen pelagischen Ökosystems

Simone Luehr simone.luehr@hotmail.de

Janine R  thke Janine.raethke@gmail.com

Abstract

A useful appliance in the analysis of the structure of ecosystems is seen in the biomass spectra. It allows a general approach to monitor interactions and changes in a biocenosis. As anthropogenic influences continuously manipulate biotic (fishing) and also abiotic (climate) factors, food webs and energy flow of trophic levels are being changed. To investigate whether there are irregularities within the food web of the seashore in the Skagerrak, we investigated a shallow area of the Swedish westcoast within the Gullmarsfjord. Seine fishing was used to sample the pelagic zone. The caught fauna and flora was taxonomically determined and the fauna was then divided into four size classes. After logarithmically correlating the bodyweight per individual to the number of individuals, a negative correlation was found. A comparison with literature revealed a relatively vital biocenotic structure, however lacking larger predators such as fish, which might result from sampling bias. Nonetheless biomass spectra help to get a general overview of a biocenosis, but further investigation of the benthic zone, as well as the plankton and the chemical and physical conditions is required to achieve more detailed results..

Einleitung

In der Ökologie dienen zahlreiche Modelle der Beschreibung von Populationen und ihren Interaktionen mit der Umwelt, sowohl abiotische, als auch biotische Faktoren, die einen Einfluss auf die Organismen nehmen, werden dabei mit erfasst. Eines dieser Modelle ist die Metabolic theory of ecology (MTE) (Brown et al., 2004). Diese dient dazu viele biologische Prozesse in Bezug auf die metabolische Rate zu erklären. Es lässt sich eine Beziehung zwischen der Stoffwechselrate und dem Körpergewicht und der Körpertemperatur ableiten. So haben kleine Organismen in Bezug auf ihre Körpermasse eine höhere metabolische Rate, als große Organismen und Organismen, welche eine hohe Körpertemperatur haben (durch Endothermie oder das Vorkommen in warmen Gebieten), haben eine höhere Stoffwechselrate, als kaltbl  tige Organismen oder solchen in kalten Gebieten.

Mit der allometrischen Gleichung $Y = Y_0 M^b$ (Huxley, 1932) lässt sich dieses Phänomen mathematisch beschreiben. Wobei Y eine abhängige Variable ist (wie die metabolische Rate, Populationsgröße oder Organgröße), M die Körpermasse und b und Y_0 freie Parameter

sind. Dabei wurde beobachtet, dass die freien Parameter stets ein Vielfaches von einem Viertel bilden (West et al. 1999). Die MTE gilt sowohl für Einzeller, als auch für große Tiere sowie für einzelne Tiere oder gar ganze Ökosysteme (Brown et al., 2004).

Nutzt man diese Theorie auf Populationsebene können damit Aussagen über ganze Ökosysteme getroffen werden. Als ein nützliches Instrument dafür dienen Biomassenspektren (Sheldon & Parsons, 1967; Sheldon et al. 1972). Biomassenspektren umfassen die Verteilung der Biomassen aller Größenklassen in einem Ökosystem und lassen mit Hilfe von allometrischen Beziehungen Auskünfte über Veränderungen in einer Population zu. Dabei hängen sämtliche Eigenschaften nicht mehr von der Stoffwechselrate ab, sondern von der Körpergröße (zum Beispiel die Schwimmgeschwindigkeit: je größer ein Tier ist, desto schneller schwimmt es). Die Abundanz, beziehungsweise die Biomasse einer Art, ist ebenfalls von der Körpergröße abhängig, das hei   t je größer eine Tierart ist, desto geringer ist deren Abundanz oder auch Biomasse. Das Verhältnis zwischen Biomasse

und Körpergröße, dem Energieverbrauch und der Energieeffizienz zwischen den Trophie-Ebenen ist stets gleich (negativer, linearer Anstieg bei logarithmierten Werten) (Belgrano et al., 2002).

Die Veränderung der Abundanz einer Art in einem Ökosystem kann durch mehrere Gründe verursacht werden. Dabei spielen abiotische Faktoren (wie Jahreszeitenwechsel, Nährstoffveränderungen), aber auch biotische Faktoren (das Auftreten invasiver Arten, Reproduktionsraten) eine Rolle. Ein Ökosystem gilt dann als besonders stabil, wenn es sich durch lange Nahrungsketten auszeichnet und der Anstieg für das Abundanz-Körpermassenverhältnis steil ist (Jennings & Mackinson, 2003). Das ist dann gegeben, wenn das Verhältnis zwischen der Körpergröße von Prädator und Beute klein ist (effizienterer Energietransfer).

Material und Methoden

Die Untersuchung wurde am 28.09.2013 bei klarem Wetter durchgeführt. Die Wassertemperatur betrug dabei 14°C.

Bei dem Versuchsgebiet handelt es sich um einen Strandabschnitt nördlich der biologischen Feldstation Klubban der Uppsala Universität im Gullmarfjrod an der Westküste von Schweden.

Der Boden des Habitats bestand zu etwa 2/3 aus feinerem Sand und kleineren Steinen und zu circa 1/3 aus größeren Steinen mit starkem Algenbewuchs. Die Wassersäule des Probenareals reichte von 0,68 m bis 1,31 m an der tiefsten Stelle.



Abb. 1: Der rote Kreis zeigt die geographische Einordnung des Versuchsgeländes, die Kreisgröße entspricht nicht dem tatsächlichen Radius des Probenareals. Der weiße Kreis zeigt die biologische Feldstation Klubban.

Untersuchungen diesbezüglich wurden bereits für verschiedene Lebensräume vorgenommen. Die Biomassenspektren unterscheiden sich dabei nur geringfügig in den einzelnen Lebensräumen, wie Standgewässer, oder marinen Ökosystemen (Boudreau, 1992; Gaedke, 2004).

Eine Bestandsaufnahme bezüglich der Abundanz der Arten und deren Körpergewicht soll im Rahmen dieser Untersuchung für die Lebensgemeinschaft nahe des Uferbereichs in einem marinen Ökosystem vorgenommen werden. Dabei wurde der Schwerpunkt auf das Pelagial gelegt. Ziel war es den Zustand des Ökosystems genauer zu betrachten, um zu prüfen, ob Unregelmäßigkeiten in dem Biomassenspektrum zu beobachten sind und was mögliche Gründe für diese sein könnten.

Für die Probenentnahme wurde ein Ringwadennetz (Abbildung 2), welches eine zentrale Erweiterung durch ein engmaschiges Trichternetz hatte, insgesamt drei Mal kreisförmig, (möglichst nah am Benthos entlang,) durch das Wasser gezogen.

Nach jeder Runde wurde der Inhalt des Netzes sorgfältig entfernt und in einen Eimer mit Wasser gefüllt.

Anschließend wurden die in der Probe befindlichen Pflanzen und Tiere (mindestens bis zum taxonomischen Rang der Familie) bestimmt. Die genutzte Bestimmungsliteratur ist dem Literaturverzeichnis zu entnehmen.

Die Individuenzahlen wurden dokumentiert, bei sehr kleinen Organismen mittels Stichprobenauszählungen berechnet und das Frischgewicht der Gruppen

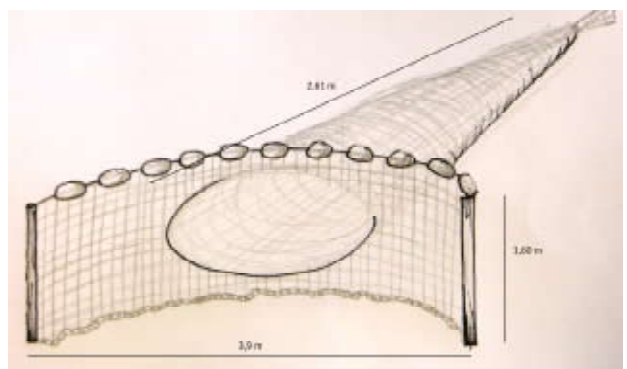


Abb. 2: Maße des benutzten Ringwadennetz. Die Maschenbreite im Trichter war 2x2 mm, die Maschenbreite der Breitseite betrug 8x8mm.

Tabelle 1: Ergebnisse der Biomassen Untersuchung fuer die Versuchsflaeche am Strand noerdlich der biologische Feldstation Klubbans. Die Zahl der kleinern Gastropoda in der Groessenklasse 1 wurde abgeschaezt.

Größen- klasse	Größen- bereich [mm]	Klasse	Gattung	Größe [mm]	Individuen	Gewicht [g]	Gewicht pro Individuum [g]	Gesamtgewicht der Größenklasse	Gesamtindividuen
1	0,1-5	Gastropoda	<i>Rissoa parva</i>	0,1-2	~ 6060	4,353	0,001	4,499	~ 6075
		Gastropoda	<i>Nassarius incrassatus</i>						
		Gastropoda	<i>Turritellis communis</i>						
		Gastropoda	<i>Littorina littorea</i>	2-4	12	0,138	0,012		
		Gastropoda	<i>Littorina neritoides</i>						
		Turbellaria	<i>Stylochoplana agilis</i>	3	3	0,008	0,003		
2	5-15	Turbellaria	<i>Notoplana atomata</i>	8	1	0,004	0,004	6,265	315
		Malacostraca	<i>Mesopodopsis slabberi</i>	6-8	307	5,756	0,019		
		Malacostraca	<i>Carcinus maenas</i>	10	1	0,033	0,033		
		Asteroidea	<i>Asterias rubens</i>	5-15	5	0,433	0,087		
		Malacostraca	<i>Ampithoe rubricata</i>	15	1	0,038	0,038		
3	15-51	Osteichthyes	<i>Pomatoschistus microps</i>	21-51	15	6,503	0,434	6,877	16
		Osteichthyes	<i>Gobiusculus flavescens</i>	21	1	0,374	0,374		
4	>51	Scyphozoa	<i>Cyanea capillata</i>	84	1	133,900	133,900	133,900	1

ausgewogen. Wobei beachtet wurde, dass kein Wasser mitgewogen wurde.

Die Tiere wurden dann in verschiedene Größenklassen eingeteilt. Die Größen unterteilen sich wie in

Tabelle 1 zu sehen.

Für die Auswertung wurde Microsoft Excel 2007 benutzt

Ergebnisse

Das Habitat bestand zu etwa 1/3 aus bewachsenen Steinen, deren Flora zum überwiegenden Teil aus *Fucus serratus* und darauf wachsenden Rhodophyceen besteht (Anhang: Tabelle 3).

Allgemein konnte zunächst festgestellt werden, dass die Gastropoda die individuenstärkste Gruppe darstellt, darauf folgend kommen die Malacostraca (Abbildung 1). Andere Gruppen wie die Osteichthyes oder die Asteroidea haben im Vergleich verschwindend niedrige Individuenzahlen.

Die Tiere wurden entsprechend ihrer Größen einer von vier Größenklassen zugeteilt (Tabelle 1). Bereits beim ersten Betrachten fällt auf, dass die kleinste Größenklasse, die vorwiegend aus kleineren Gastropoda besteht, im Gegensatz zu ihrer Individuenzahl, bei dem Gewicht pro Individuum aber auch bei ihrem Gesamtgewicht, am niedrigsten abschneidet. Die zweite Größenklasse, die aus Malacostraca, einigen Asteroidea und einem Vertreter der Klasse Turbellaria besteht, hat um etwa den Faktor 20 weniger Individuen als die erste

Größenklasse, wobei das Gesamtgewicht jedoch um einen Faktor von circa 1,4 schwerer ist.

Betrachtet man die dritte, ausschließlich aus Osteichthyes bestehende, Gruppe, ist auch hier ein leichter Anstieg des Gesamtgewichts zu verzeichnen und erneut ein Absinken der Individuenzahl auf etwa ein Zwanzigstel bezüglich der zweiten Größenklasse zu verzeichnen.

Die letzte Größenklasse besteht aus einem einzigen Individuum (*Cyanea capillata*) und hat mit einem Gewicht von 133,9 g, das höchste dokumentierte Gesamtgewicht. Dieses ist damit 20-mal höher als das Gesamtgewicht der 3. Klasse.

Eine logarithmierte Auftragung des Gewichts pro Individuum gegen die Gesamtzahl der Individuen in der jeweiligen Groessenklasse (Abbildung 2) liefert eine Regressionsgerade mit einem Abfall von 0,7769 und einem Korrelationskoeffizienten von 0,8491.

Insgesamt ließ sich beobachten, dass mit zunehmendem Gewicht die Zahl der Individuen absinkt.

Diskussion

Eine genauere Analyse des Biomassenspektrums ließ feststellen, dass mit steigendem Gewicht beziehungsweise Größe, die Anzahl der Individuen abnimmt. Wobei bezogen auf die ersten drei Größenklassen diese Abnahme durch eine regelmäßige Verminderung um den Faktor 20 beschrieben werden konnte. Dies liegt annähernd an den anfangs genannten proportionalen Veränderungen um ein Viertel in den freien Parametern (West et al., 1999). Von der kleineren Größenklasse zur nächst größeren sinkt die Abundanz der Tiere um ein Vielfaches von einem Viertel ab. In diesem Fall handelt es sich dabei um ein Dreifaches, also sinkt die Abundanz um 75 % pro Größenklasse.

Ein negativer Anstieg der Regressionsgeraden in dem Biomassenspektrum im Bereich von -0,6 bis -1,5 ist ein Hinweis für ein funktionierendes Ökosystem (Zhou, 2006). Dies ist gleichbedeutend mit einer Abundanz, die linear mit der Größe, dem Energieverbrauch und der Energieeffizienz zwischen Organismen unterschiedlicher Größe sinkt (Zhou, 2006). Das Ergebnis von -0,78 liegt somit

noch in diesem Bereich und ist ein Indiz für ein intaktes Ökosystem. Der relativ schwache Korrelationskoeffizient (0,85) lässt jedoch Lücken beziehungsweise Problematiken in der Biozönose erscheinen.

Zu beachten ist, dass mit dem Netz hauptsächlich die im Pelagial lebenden Organismen gefangen wurden. Benthische Tiere wurden nur bedingt gefangen, da das Netz auf Grund der heterogenen Untergrundbeschaffenheit nicht immer komplett über den Boden geführt werden konnte. Dadurch sind mehrere den Benthos bewohnende Organismen nicht erfasst worden, wie Bivalvia, größere Crustacea und Echinodermata. Diese hätten jedoch Sprünge im Biomassenspektrum ausfüllen und zu einem besseren Korrelationskoeffizienten beitragen können.

Das Fehlen von größeren Fischen oder Krabben lässt sich einerseits in der Fangmethode andererseits aber auch auf den Fischfang im Gullmarfjord zurückzuführen. Denn insbesondere der Fischfang resultiert in einem Abflachen eines Biomassenspektrums (Sweeting et al., 2007) und übt zudem einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Produktivität und die Struktur des Nahrungsnetzes in einem Ökosystems aus (Kaiser & Spencer, 1994).

Darüber hinaus haben abiotische Faktoren, wie Jahreszeiten, sowie Tageszeiten, einen immensen Einfluss auf die Populationszusammensetzung des Ökosystems (Sweeting et al., 2009). Die Proben wurden im Herbst genommen, wobei zwar die Tage vor und der Tag während der Beprobung nicht stürmisch waren, aber es zu einer stetigen Abkühlung

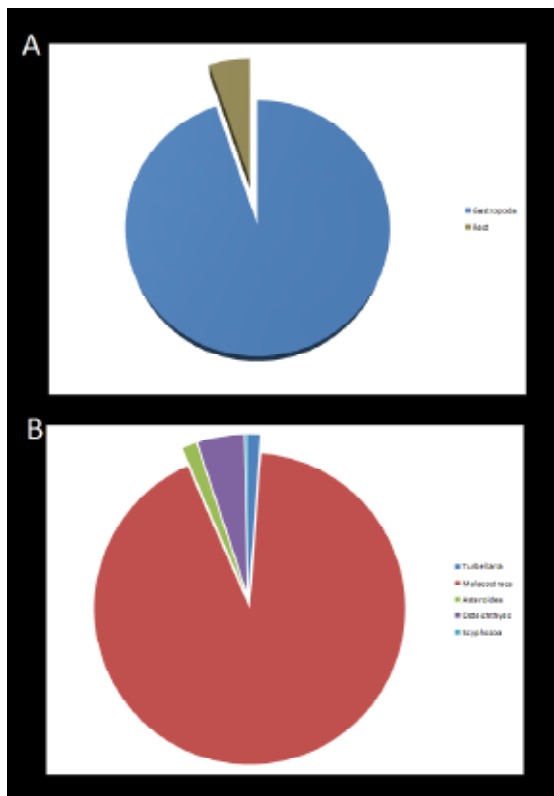


Abb. 3: A Kreisdiagramm mit dem Anteil der Gastropoda und den anderen Klassen zusammengefasst. B Kreisdiagramm mit Individuenzahl aller Klassen, ausgenommen die Gastropoda.

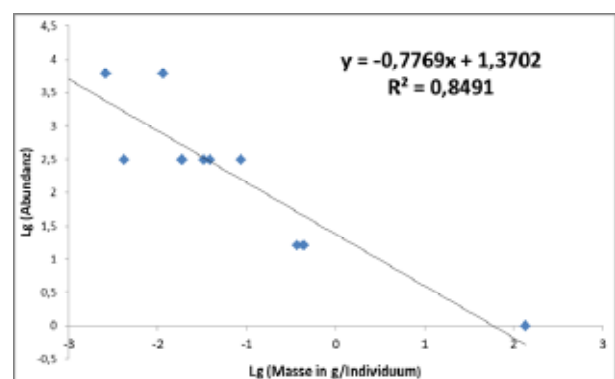


Abb. 4: Auftragung des Logarithmus des Gewichts pro Individuum gegen den Logarithmus der Abundanz (Individuenzahl).

der Luft und auch des Wassers kam.

Dennoch ist ein Biomassenspektrum eine gute Näherung um zumindest grob die Gruppen einer Lebensgemeinschaft zu charakterisieren und den Energiefluss eines Ökosystems zu beschreiben. Trotz möglicher methodischer Schwächen, aufgrund zu weniger Fangproben, ist das dokumentierte Biomassenspektrum daher ein Hinweis auf ein qualitativ intaktes Ökosystem im strandnahen Pelagial des Gullmarfjord.

Für weitere Untersuchungen der Biomassenspektren bietet es sich an sowohl das Benthos als auch das Plankton zu unterschiedlichen Tageszeiten zu erfassen. Möglicherweise sollte auch eine genauere chemische und physikalische Analyse durchgeführt werden, da der untersuchte Strand in unmittelbarer Nähe zu einem stark touristisch genutzten Ort, sowie eines Hafens liegt und es gut möglich ist, dass sich anthropogene Abwässer negativ auf die Biozönose, auswirken

Literatur

- Belgrano, A., Allen, A.P., Enquist, B.J. & Gillooly, J.F. (2002): Allometric scaling of maximum population density: a common rule for marine phytoplankton and terrestrial Plant Ecology, 5: 611–613.
- Brown, J. H., Gillooly, J. F., Allen, A. P., Savage, V. M., & G. B. West (2004): Toward a metabolic theory of ecology. Ecology, 85: 1771–89.
- Cambell, A. C. (1988): The Seashore and Shallow Seas of Britain and Europe, 9nd ed. Feltham: The Hamlyn Publishing Group Limited.
- Gaedke, U., Seifried, A., Adrian, R. (2004): Biomass Size Spectra and Plankton Diversity in a Shallow Eutrophic Lake 3. International Review of Hydrobiology, 89: 1–20.
- Graham, A. (1971): Synopses of the British Fauna (New Series): British Prosobranchs, (Bd. 2) New York: Academic Press Inc. (London) LTD.
- Hayward, P. J., & Ryland, J. S. (1995): Handbook of the Marine Fauna of North-West Europ, Oxford: Oxford University Press.
- Huxley, Julian S. (1972): Problems of Relative Growth, 2nd ed. New York: Dover.
- Jennings, S., Mackinson S. (2003): Abundance-body mass relationships in size-structured food webs. Ecology Letters, 6:971–97.
- Kristiansen, A. (2001): Havets Växter, Stockholm: Prisma.
- Pethon, P. (1996): Fiskar i färg, Stockholm: Norstedts Förlag AG.
- Prudhoe, S. (1982): Synopses of British fauna (New Series): British Polyclad Turbellarians (Bd. 26), Cambridge: Cambridge University Press.
- Sheldon R. W. & Parsons, T.R. (1967): A continuous size spectrum for particulate matter in the sea. Journal of Fisheries Research Board Canada, 24: 909-915.
- Sheldon, R. W., Prakash, A., Sutcliffe, W. H. Jr. (1972): The size distribution of particles in the ocean. Limnology and Oceanography, 17: 327-339.
- Sweeting, C. J., Badalamenti, F., D'Anna, G., Pipitone, C. & Polunin, N. V. C. (2009): Steeper biomass spectra of demersal fish communities after trawler exclusion in Sicily. ICES Journal of Marine Science, 66: 195–202.
- West, G.B., Brown, J.H., & Enquist, B.J. (1999): The fourth dimension of life: Fractal geometry and allometric scaling of organisms. Science, 284: 1677–9.
- Yield, P. R., Boudreau, L. M. (1992): Biomass Spectra of Aquatic Ecosystems in Relation to Fisheries. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 49: 1528-1538.
- Zhou, M. (2006): What determines the slope of a plankton biomass spectrum? . Journal of plankton research, 28: 437–448.

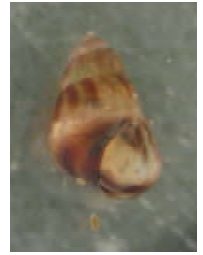
Artenliste

Strand, 26.9.2013

Dynamena pumila (Hydrozoa, Thecata)
Sagartia. sp. (Anthozoa)
Membranipora membranacea (Bryozoa)
Electra pilosa (Bryozoa)
Hediste (Nereis) diversicolor (Polychaeta)
Arenicola marina (Polychaeta)
Actinia equina (Anthozoa)
Hinia reticulata (Gastropoda)
Gammarus sp. (Artname an der Tafel für mich nicht zu entziffern...) (Amphipoda)
Aequorea vitrina (Hydrozoa)
Cyanea capillata (Scyphozoa)
Bolinopsis infundibulum (Anthozoa)
Pleurobrachia pileus (Ctenophora)

Hartboden

Harmothoe imbricata (Polychaeta)
Astarte sulcata (Bivalvia)
Funiculina quadrangularis (Anthozoa)
Pennatula phophorea (Anthozoa)
Pecten maximus (Bivalvia)
Aphrodite aculeata (Polychaeta)
Echinus esculentus (Echinodermata)
Antedon petasus (Echinodermata)
Antedon bifida (Echinodermata)
Amphiura filiformis (Echinodermata)
Ophiocomina nigra (Echinodermata)
Alcyonium digitatum (Anthozoa)
Isodictya palmata (Porifera)
Ascidia virginea (Tunicata)
Caryophyllia smithii (Anthozoa)
Pseudamussium (Pecten) septemradiatum (Bivalvia)
Marthasterias glacialis (Echinodermata)
Polydora ciliata (Polychaeta)
Hydractinia echinata (Hydrozoa)
Verruca stroemi (Cirripedia)
Balanus balanus (Cirripedia)
Securiflustra securifrons (Bryozoa)
Pectinaria auricoma (Polychaeta)



Geröll, 37 m Tiefe

Semibalanus balanoides (Cirripedia)
Ophiotrix fragilis (Echinodermata)
Pagurus bernhardus (Crustacea)
Lepidochitona cinerea (Mollusca)
Ebalia cranchii (Crustacea)
Inachus dorsettensis (Crustacea)
Inachus phalangium (Crustacea)
Pecten maximus (Bivalvia)
Pennatula phosphorea (Anthozoa)
Caryophyllia smithii (Anthozoa)
Anapagurus chiroacanthus (Crustacea)
Crangon crangon (Crustacea)
Phascolion strombi (Sipunculida)
Polybius holsatus (Crustacea)
Astropecten irregularis (Echinodermata)
Asterias rubens (Echinodermata)
Turritella communis (Mollusca)
Acanthocardia tuberculata (Bivalvia)

Lehm, Schlamm, 52 m Tiefe

Brissopsis lyrifera (Echinodermata)
Serpula vermicularis (Polychaeta)
Amphiura chiajei (Echinodermata)
Amphiura filiformis (Echinodermata)
Polyphysia crassa (Polychaeta)
Arcatia islandica (Bivalvia)
Lumbrinereis latreilli (Polychaeta)

Plankton

Ceratium tripos
Ceratium horridum
Sticholonche sp.
Phaeocystis globosa
Oikopleura dioica (Tunicata)
Evadne nordmanni
Penilia avirostris
Chaetoceras sp.
Asterias rubens (Larve)
Thalassionema nitzscheoides
Acartia clausii